

# **Redefinição dos Fluxos de Material e Informação**

*José Pedro Romeira Ramada*

## **Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Luís Filipe Ribeiro dos Santos Guimarães

Orientador na Empresa: Eng<sup>a</sup> Raquel Passos Miranda



**Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão**

2016-01-28

Redefinição do Fluxos de Material e Informação

*“Whether you think you can or think you can’t, you’re right”*  
*–Henry Ford*

## Resumo

A logística interna trata dos fluxos de material na fábrica, e estes fluxos são suportados por estruturas de tratamento e troca de informação que sustentam a eficácia das operações.

No meio industrial, tanto a adaptação como a velocidade de resposta são peças chave de sucesso de uma empresa inserida num mercado cada vez mais competitivo e em constante mudança. Longe vai o tempo em que uma fábrica produzia apenas um formato, com as mesmas especificações para todos os clientes. Hoje as áreas fabris são compostas por células multidisciplinares com necessidades diversas e variações consideráveis nas suas carências.

Mais importante que nunca, a missão da logística interna, como área de suporte à produção, deve ter foco no acompanhamento da flexibilidade produtiva, ao menor custo possível e causando o mínimo de transtorno às atividades realizadas.

Este projeto procura a diminuição dos custos operacionais da logística interna, acreditando que a diminuição do desperdício nesta operação é a peça chave para um produto final mais barato, no local certo, à hora certa.

No projeto são destacadas as disciplinas da logística que inspiram mais cuidados na empresa em estudo, como as políticas de armazenamento, os fluxos e tratamentos de informação, o abastecimento e as todas as suas estruturas de suporte.

## **Redefinition of the Materials and Information Flow**

### **Abstract**

Internal logistics deals with the flows of material inside the factory, and these flows are supported by structures of treatment and exchange of information that sustain the effectiveness of all operations.

In an industrial environment, not only adaptation, but also response time are key elements in the success of a company in a demanding and rapidly changing market. Factories no longer produce only a format/size, with the same specifications for every customer/buyer they have. Nowadays they are composed by multidisciplinary cells with various needs and sizeable, variable gaps.

Now more than ever, the internal logistics, as an area of support to the production department, should focus on accompanying flexible production practices, at the lowest possible cost and causing minimal trouble to the performed activities.

This project seeks the reduction of operative costs of internal logistics, believing that the reduction of waste in this operation is the key element for a cheaper final product, in the right place at the right time.

In this project, logistic subjects that should be taken more into account, such as warehouse management, information flow, information treatment, supply and all its supporting structures, are highlighted.

## Agradecimentos

A todos os colaboradores da Colep de Vale de Cambra, por todo o carinho e disponibilidade com que me receberam, do primeiro ao último dia. Um Obrigado por todos os ensinamentos, saudações e sorrisos.

O meu maior agradecimento vai para a memória do homem que mais acreditou em mim neste trabalho. Que sempre me acompanhou com a maior das disposições. Cujos ensinamentos ultrapassaram, largamente, as fronteiras técnicas. Que me mostrou que o carácter de um Homem está no que este dá de si, e não no que a si lhe vem. Na lembrança guardo o sorriso e o carinho com que tratava todos ao seu redor. Foi uma Honra imensa ter conhecido alguém com um coração tão grande. Muito Obrigado meu amigo, José Carlos Sousa.

Uma especial palavra de carinho ao António Almeida e toda a equipa do armazém A3. Convosco senti-me mais do que integrado, senti-me entre amigos. Sempre me encorajaram a superar os problemas e encontrar soluções. Nunca serei capaz de retribuir a disposição, a amizade e a força que me deram ao longo destes meses.

Ao Diretor da Logística, Fernando Jorge, por todo o apoio, incentivo e participação nas ações implementadas. A sua visão e interesse foram os catalisadores de todo o projeto.

A toda a equipa de melhoria contínua, ao Pedro pela alegria, ao Gonçalo pelas conversas, à Rita Casal pela partilha, ao José António pela disponibilidade, ao Rafael pela franqueza e à Rita Castro pela imensa ajuda e palavras de ânimo.

À Raquel Miranda por toda a orientação, disponibilidade e apoio. Por acreditar nas minhas capacidades e me manter focado nos objetivos sempre com a palavra certa para me guiar ao longo do processo.

Ao Luís Guimarães por me obrigar sempre a voar um pouco mais alto e aturar o meu prazer em procrastinar.

Aos estagiários que entraram comigo ao Marco, Francisca, José e João que juntamente com o pessoal do enchimento, Sílvia, Miguel, Patrícia, Lara, João e Fernando, nunca deixaram que a hora de almoço fosse mais uma rotina. Pelas gargalhadas e por me suportarem...Obrigado.

A todos os meus familiares que, com amor, me formaram o que sou hoje.

Aos amigos que mais me aturaram durante o curso. Ao Ricardo Fernandes, ao João Pinto, à Inês Carvalho, ao Afonso Figueiredo e à Mariana Cruz. As palavras não caberiam para vos agradecer com justiça.

À minha avó, à minha tia Maria de Fátima, ao meu tio José Manuel. Por serem o que de mais caro tenho no mundo. Por vocês conheço Amor todos os dias.

Finalmente à minha Mãe. A minha companheira, a minha inspiração, a minha força, o meu exemplo de vida. É o meu maior orgulho e a minha melhor amiga.

## Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação .....	1
1.2	A Colep Portugal, S.A. ....	1
1.3	Objetivos do projeto .....	3
1.4	Método seguido no projeto .....	3
1.5	Estrutura da dissertação.....	4
2	Estado da Arte.....	5
2.1	Tarefas da Logística.....	5
2.2	Logística Interna .....	5
2.2.1	Transporte e Gestão do Transporte .....	6
2.2.2	Planeamento e sequenciamento da Produção.....	6
2.3	Gestão de abastecimentos .....	6
2.3.1	Supermercados.....	6
2.3.2	Kanban .....	7
2.3.3	Andon .....	9
2.4	Modelação com base em Filas de Espera.....	10
2.4.1	Caracterização da Fila de Espera .....	11
2.4.2	Tipo de serviço.....	11
2.4.3	Fonte de entradas .....	12
2.4.4	Medidas de Desempenho .....	12
3	Estado inicial .....	13
3.1	Mapa de Processos .....	13
3.2	A Logística Interna.....	15
3.3	Caracterização do Abastecimento .....	15
3.3.1	Estampagem.....	15
3.3.2	Necessidades de abastecimento na Estampagem.....	16
3.3.3	Montagem .....	18
3.3.4	Necessidades de abastecimento na Montagem .....	18
3.4	Análise dos fluxos de material no Aviamento .....	18
3.5	Escolha de indicadores .....	20
3.6	Análise dos KPI's.....	21
3.6.1	Tempo médio por abastecimento .....	21
3.6.2	Tempo de paragens por falta de aviamento.....	22
3.6.3	Abastecimentos por condutor por turno .....	22
4	Soluções Propostas .....	24
4.1	Criação de plano de ações .....	24
4.2	Estratégia de implementação .....	24
4.3	Armazenamento .....	25
4.3.1	Categorias de material ABC.....	25
4.3.2	Conclusões da gestão de armazenamento.....	27
4.4	Fluxos de Informação.....	28
4.4.1	Solução de informação em tempo real .....	28
4.4.2	Implementação de solução Andon .....	28
4.4.3	Resultados da solução .....	30
4.5	Preparação e Abastecimento.....	34
4.5.1	Diminuição no tempo de abastecimento .....	34
4.5.2	Supermercados.....	35
4.5.3	Balanceamento por modelo de simulação de Filas de Espera.....	37
4.6	Análise Final dos KPIs .....	40
	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>

Referências .....45

## Siglas

FIFO – First In, First Out

FIFS – First In, First Served

LIFS – Last In, First Served

SAP – Software de Gestão

KPI – Key Process Indicator

BI – Business Intelligence

UL – Unidade logística

LI – Logística Interna



## Índice de Figuras

Figura 1 - Mapa da presença mundial da Colep .....	2
Figura 2 - Valores Colep .....	2
Figura 3 - Imagem do cronograma de projeto .....	4
Figura 4 - Supermercado de bordo de linha com comboio logístico(Systems 2016) .....	7
Figura 5 - Exemplos de Kanbans(Pinto 2014) .....	8
Figura 6 - Diagrama conceptual do sistema Kanban(Pinto 2014) .....	9
Figura 7 - Andon luminoso simples(Andon 2016) .....	10
Figura 8 - Andon eletrónico complexo(Freitas 2009) .....	10
Figura 9 - Estrutura de um sistema de filas de espera(Camanho 2014) .....	11
Figura 10 - Mapa de Processos macro .....	14
Figura 11 - Necessidades de abastecimento na Estampagem .....	16
Figura 12 - Gráfico de pareto para os consumos (eixo y: percentagem acumulada do consumo em ULs; eixo x: percentagem acumulada de referências) .....	26
Figura 13 - Pareto às referências ordenadas pela rotação média de stock (eixo y: percentagem acumulada do consumo em ULs; eixo x: percentagem acumulada de referências) .....	27
Figura 14 - Modelo do Andon .....	29
Figura 15 - Novo esquema de trabalho para abastecimentos após implementação dos Andons .....	30
Figura 16 - Rota de inspeção da Estampagem sem Andon .....	31
Figura 17 - Rota de inspeção da Estampagem após implementação do Andon .....	31
Figura 18 - Rota de inspeção antes de implementação do Andon .....	32
Figura 19 - Figura depois da implementação dos Andons .....	33
Figura 20 - Localização dos Supermercados .....	37

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Necessidades de material nas linhas de Estampagem (nota: os valores apresentados de produção e OEE das linhas, estão protegidos por uma constante associada) .....	17
Tabela 2 – Necessidade de abastecimento por turno em ULs na Montagem .....	18
Tabela 3 - Análise total do aviamento .....	20
Tabela 4 - Valores dos KPI's .....	21
Tabela 5 - Tempo médio de abastecimento em minutos por área .....	22
Tabela 6 - Impacto do estímulo visual no tempo de inspeção.....	34
Tabela 7 - Tempo a inspeção diária antes e depois dos Andons .....	34
Tabela 8 - Necessidades de folha litografada por turno .....	36
Tabela 9 - Necessidades de componentes por turno .....	36
Tabela 10 – Dados da 1ª simulação de filas de espera.....	38
Tabela 11 - Resultados da 1ª simulação .....	39
Tabela 12 - Dados para a 2ª simulação .....	39
Tabela 13 - Resultados da 2ª simulação .....	40
Tabela 14 - Análise final dos KPIs .....	40

## 1 Introdução

Esta dissertação em ambiente empresarial está enquadrada no âmbito da Unidade Curricular Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, e resulta da proposta apresentada pela Colep S.A. que pretendeu estudar e otimizar o abastecimento às linhas de produção. Recorrendo aos conhecimentos e ferramentas

### 1.1 Enquadramento do projeto e motivação

No contexto económico atual existe uma preocupação, cada vez maior, para as empresas se focarem na otimização dos seus processos *core* para se manterem competitivas. Naturalmente, é fácil esquecer os processos facilitadores das atividades chave e que trazem valor à empresa. Muitas vezes, as melhorias conseguidas nos processos de produção exigem demasiado da logística interna e os ganhos conseguidos são consumidos pelos desperdícios que esta última cria ao tentar acompanhar as crescentes necessidades de capacidade, tempo de resposta e flexibilidade.

A logística interna, na sua essência, não acrescenta valor ao produto final e não é algo que o cliente final esteja disposto a pagar. Por essa razão, é imperativo, sempre que possível, eliminar este excesso de atividades sem valor acrescentado.

Sendo a unidade de *Metal Packaging* da Colep em Vale de Cambra uma fábrica de produção massiva de recipientes metálicos, as problemáticas supramencionadas dão especial pertinência ao projeto com o tema “Melhoria do Fluxo de Materiais e Informação no Abastecimento às Linhas de Produção” e que será a base desta dissertação.

### 1.2 A Colep Portugal, S.A.

Fundada em 1965, a Colep começou a sua atividade com a produção de embalagens metálicas em folha-de-flandres para o sector alimentar. O seu crescimento foi abraçando diferentes áreas de negócio e em 1975 já oferecia serviços de *Contract Manufacturing* abrangendo formulação, fabrico, enchimento e embalagem dos produtos.

O contínuo crescimento foi acompanhado de aquisições estratégicas que garantem uma presença sólida no mercado Europeu. Em 1999 adquire a Shirley Jones & Associates Limited em Londres e a Comercial de Envases de Navarra, mais tarde Colep Navarra (*Metal Packaging*).

Em 2001 a Colep é adquirida na sua totalidade pelo Grupo RAR e é construída a fábrica de *contract manufacturing* com nome Colep Polónia e que afirma a presença da empresa no norte e centro da Europa.

Uma fusão estratégica com a empresa canadiana CCL, em 2004, catapultou a empresa para uma posição de liderança no ramo de Contract Manufacturing das áreas de higiene pessoal,

**Comentado [LG1]:** Nota de rodapé com alguma referência para esta terminologia

cuidado do lar, cosmética e farmacêutica. Esta *joint-venture* recebeu o nome de ColepCCL e tem 60% de participação da RAR e os restantes 40% a cargo da CCL.

A necessidade constante de aperfeiçoamento das ferramentas e dos serviços encoraja a criação do centro de inovação, em 2006, para consolidar a relação com os clientes que encontram no líder de mercado a melhor resposta para as suas exigências.

A expansão chega à América do Sul, em 2010, com a entrada da ColepCCL no mercado brasileiro pela aquisição de 51% da Provider/Total Pack.



Figura 1 - Mapa da presença mundial da Colep

Voltou a chamar-se Colep em 2011 e em 2013 adquiriu uma fábrica de *Filling* em Querétaro, no México, outra no Dubai e torna-se realmente global entrando no mercado asiático com a formação da aliança estratégica com a *One Asia Network*.

No ano de 2014, a Colep atingiu um volume de negócios na ordem dos 512 milhões de euros, tendo verificado um crescimento de cerca de 3% relativamente ao ano anterior e em 2015 a totalidade do capital no Brasil.

A Colep atua hoje como *contract manufacturer* nos sectores de produtos de higiene pessoal, cosmética, higiene do lar e parafarmácia, como fabricante de embalagens metálicas em folha-de-flandres (aerossóis, industriais e alimentares) e como produtor de embalagens plásticas.



Figura 2 - Valores Colep

Uma presença consolidada nos mercados internacionais bem como um domínio das tecnologias ao longo de toda a cadeia de valor é o segredo do sucesso desta empresa Portuguesa com mais de 50 anos.

Uma sólida fundação de valores fundamentais (Figura 2) praticados e divulgados abertamente junto de colaboradores, clientes e fornecedores é indispensável para um crescimento sustentável de valor financeiro e social. Por essa razão a Colep assume e divulga os seus princípios de foco no cliente, procurando sempre exceder as expectativas; ética em todos os seus relacionamentos; aprendizagem e criatividade na procura de novas soluções; criação sustentável de valor para si e todos os *stakeholders*; paixão pela excelência, procurando quebrar barreiras e melhorar todos os dias

### 1.3 Objetivos do projeto

Reconhecida a ineficiência das operações da LI, foi sentido pelos responsáveis desta área na empresa, a necessidade de eliminar alguns dos desperdícios observados, como sendo o tempo de viagens em vazio dos empilhadores, que de alguma forma denunciavam a precariedade dos processos e a necessidade de uma revisão dos mesmos. Com base nessa exposição de preocupações, foram definidos durante a apresentação do projeto, os objetivos para o mesmo:

- Redução do tempo de abastecimento às linhas de produção;
- Melhorar rotas e eliminar deslocações que não acrescentam valor;
- Melhorar o fluxo de informação entre as linhas de produção e o armazém de produto intermédio;
- Aumentar a eficácia e eficiência das operações logísticas;
- Diminuir o tempo de paragens de linha por falta de abastecimento de matérias-primas;

No fundo o projeto tem como função o refinamento das operações de logística interna e tudo o que a esta diz respeito.

### 1.4 Método seguido no projeto

O projeto segue uma abordagem metódica dividida nas seguintes fases:

- Análise e caracterização do processo. É a definição do estado inicial através do acompanhamento e mapeamento do processo. Durante esta fase o objetivo é identificar as principais atividades e as suas fontes de desperdício.
- Recolha e tratamento de dados. Aqui se faz a quantificação do observado na fase de análise através de medição, recolha e observação.
- Análise de causas e definição de melhorias. É a altura de encontrar as raízes dos desperdícios quantificados e equacionar possíveis melhorias.
- Desenvolvimento de soluções. Assim que estejam encontradas as medidas de maior impacto traduzir as mesmas num plano de ações exequíveis num determinado horizonte temporal.
- Teste e controlo. É importante testar a solução em pequena escala e verificar se a solução se comporta como esperado.

- Implementação. Fase replicar as soluções testadas, padronizar o processo e dar formação às equipas envolvidas.
- Monitorização. Avaliar os resultados das ações tomadas e dos ganhos obtidos.



Figura 3 - Imagem do cronograma de projeto

## 1.5 Estrutura da dissertação

A estrutura do relatório reflete a metodologia da abordagem do problema.

O Capítulo 2 dá foco ao estado da arte em todas as áreas de conhecimento relevantes para a dissertação, passando pela logística interna, gestão de abastecimentos e modelação com base em filas de espera.

O Capítulo 3 descreve o meio e o problema em estudo. É dada uma descrição detalhada de todo o processo com especial ênfase nas áreas que afetam este trabalho. Caracteriza-se o estado atual em termos de atividades, são enunciadas as restrições e quantificados os desperdícios.

O Capítulo 4 acompanha toda a solução, desde a identificação das causas raiz até ao estudo de impacto das soluções implementadas. Começa por encontrar os problemas base mais críticos para a operação envolvendo as equipas do terreno e aplicando ferramentas de melhoria contínua. Explora todas as soluções encontradas e quantifica os ganhos das mesmas.

Por último, o Capítulo 5 apresenta as conclusões do projeto e aponta possíveis propostas de melhoria para o futuro.

## 2 Estado da Arte

Este capítulo reserva-se à compreensão das matérias abordadas. Inicia-se pela exploração dos conceitos e enuncia os mesmos em ordem de importância. Passa de seguida a um reconhecimento das soluções e práticas atuais, no seu devido enquadramento, com vantagens e desvantagens que devem ser analisadas e ponderadas para o caso em estudo. O criterioso reconhecimento destas alternativas, potencia a descoberta da metodologia que melhor responde às necessidades projeto e melhor se encaixa nas restrições do objeto de estudo.

### 2.1 Tarefas da Logística

A mais clara e simplista das definições caracteriza a logística como a gestão dos fluxos físicos e de informação, com o objetivo de servir o cliente ao custo mais contido. As suas atividades podem ser listadas como em (Carvalho 2012):

- Transporte e Gestão do Transporte;
- Armazenagem e Gestão da Armazenagem;
- Embalagem (industrial) e Gestão da Embalagem;
- Manuseamento de materiais na cadeia de valor e Gestão de Materiais;
- Controlo e Gestão de Stocks;
- Gestão do Ciclo de Encomenda;
- Previsão de Vendas;
- Planeamento da Produção/Programação;
- *Procurement* e Gestão do Ciclo de *Procurement*;
- Serviço ao Cliente;
- Localização e Gestão de Instalações;
- Manuseamento de Retornos;
- Suporte ao Cliente;
- Eliminação, Recuperação e Reaproveitamento de Materiais e Gestão da Logística Inversa;

### 2.2 Logística Interna

Das tarefas logísticas existentes, é fulcral perceber as que à logística interna dizem respeito e de que forma impactam esta área.

### **2.2.1 Transporte e Gestão do Transporte**

O transporte é responsável pela maior fatia dos custos logísticos. Inclui todos os fluxos físicos de material e as soluções de transporte dos mesmos. No que diz respeito à Logística Interna, não costuma ser o fator de maior despesa, no entanto, é decisivo para o tempo das atividades e pode, indiretamente, gerar custos de operação, caso não consiga responder eficazmente às necessidades do processo.

### **2.2.2 Planeamento e sequenciamento da Produção**

Esta área tem cada vez mais importância para a logística porque a crescente flexibilidade produtiva, gera imposições acrescidas à logística interna e externa, que devem ser capazes de responder a altura das exigências, sob pena de comprometerem o sucesso das operações.

A área produtiva e o seu planeamento têm fortes implicações nas atividades de fluxos de material, stocks e a sua gestão. Cabe à logística interna, gerir o material da melhor maneira, de forma a minimizar o investimento em inventário mas nunca em detrimento de um custo ainda maior por rutura de matéria-prima.

A gestão dos consumíveis é importante ainda, no que diz respeito às localizações de material que afetam rotas e tempos de transporte. Cabe à logística interna, com base no planeamento das atividades produtivas, antecipar necessidades, gerir material e diminuir deslocações sem valor acrescentado.

## **2.3 Gestão de abastecimentos**

Identificadas as atividades mais sensíveis para área em estudo, é importante conhecer as metodologias e práticas existentes e as suas características.

Explorar as vantagens e limitações das soluções disponíveis é o caminho para a descoberta da melhor alternativa para o caso em estudo. Sabendo as características dos modelos existentes, é possível retirar o que mais convém de cada um deles.

### **2.3.1 Supermercados**

Toda a logística interna existe com um papel de servir a produção. O sucesso da operação depende da eficácia no momento de abastecimento e, por esta razão, o tempo de reação às cada vez mais imprevisíveis necessidades de linha é a peça chave no sucesso do processo produtivo.

Por esta razão, tem sido adotada a estratégia de criação de supermercados como uma resposta de valor aos problemas levantados.

Muito embora se considere na maioria dos casos a visão idealista de um comboio logístico (Figura 4) que abastece um supermercado, com baixa unidades, num tempo de ciclo bem definido, é importante lembrar que esta solução tem como exclusivo objetivo facilitar o fluxo de abastecimentos às linhas. Por outras palavras, esta solução deve conseguir responder aos problemas da área produtiva e toda a estética do modelo perde o seu valor se tal não acontecer.





Figura 4 - Supermercado de bordo de linha com comboio logístico(Systems 2016)

Os supermercados são, no seu conceito, áreas descentralizadas do armazém e localizadas o mais próximo possível das linhas de produção que pretendem abastecer. Os abastecimentos são garantidos por um comboio logístico, e são feitos *Just-In-Time*, respeitando o perfeito *pull-flow* das operações. Correspondem a localizações dedicadas e fixas, com baixas quantidades para cada tipo de material (Emde e Boysen 2012).

Princípios de funcionamento do supermercado de bordo de linha:

- Todos os materiais necessários no processo de fabrico devem estar no bordo de linhas;
- A recolha dos contentores é da responsabilidade exclusiva do operador logístico;
- Cada referência de material possui uma localização fixa no supermercado;
- São eliminadas as micro paragens por falhas de abastecimento.

O supermercado é constituído por uma estrutura de armazenagem de unidades pequenas, dedicadas a cada produto. Idealmente esta estrutura deve permitir um corredor para abastecer e outro para retirar material. O funcionamento do sistema deve garantir abastecimento em regime FIFO.

### 2.3.2 Kanban

Palavra japonesa que significa sinal, o Kanban é hoje uma ferramenta que faz parte dos pilares de sustentação do *Toyota Production System* (Ohno 1988) desenvolvido por Taiichi Ohno nos anos 50. O seu modelo inspirou organizações dos mais diversos ramos de operação

a implementar esta solução que procura um controlo sobre os fluxos de material e informação no chão de fábrica.

Sustentando uma metodologia *pull-flow*, o Kanban produz uma mensagem visual no chão de fábrica indicando o que produzir, em que quantidade e instante. Esta mensagem é propagada do final para o início do processo, mantendo o foco no produto final e nas necessidades a suprir no fim de linha. Essas necessidades geram carências que originam ordens de produção e transporte para garantir o produto final na quantidade certa, na hora pretendida.

Essencialmente, os Kanbans são agrupados em dois tipos que estão relacionados com o propósito da sua utilização(Pinto 2014):

**Kanban de produção** – tem como função autorizar a produção. Quando implementado, apenas este pode despoletar uma ordem de trabalho. A solução implementada geralmente consiste num cartão que descreve em tempo, quantidade e necessidades o trabalho que se pretende iniciar.

**Kanban de transporte** – Por sua vez autoriza uma movimentação ou transporte. À semelhança do seu parente, este agente autoriza uma ação, que neste caso é de transporte. No sistema utilizado deve incluir o material ou necessidade a combater, a quantidade e a sua localização em armazém.

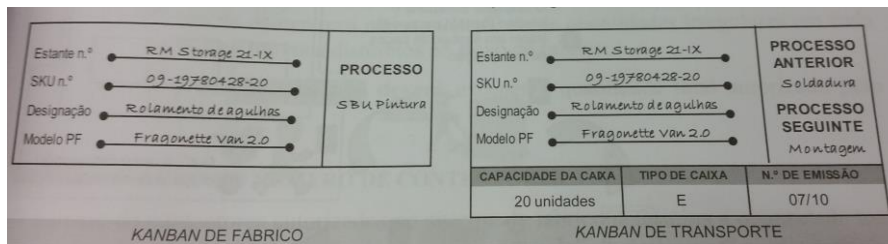


Figura 5 - Exemplos de Kanbans(Pinto 2014)

Para a criação do sistema Kanban é necessário reunir algumas condições no método de produção seguido pela área de implementação(Takeda 2006):

1. Um fluxo de material bem definido e o tempo de ciclo não deve sofrer grandes desvios;
2. O tamanho do lote deve ser o mais pequeno possível, sendo que se deve reduzir, sempre que possível este tamanho à unidade;
3. A produção deve ser constante e sem grandes oscilações de formato e quantidades;
4. O tempo de abastecimento e as distâncias percorridas devem ser mínimos;
5. Um controlo preciso sobre o número de defeitos que deve ser zero, se queremos evitar necessidades extraordinárias;
6. Prática do conceito relação fornecedor/cliente na linha de produção.

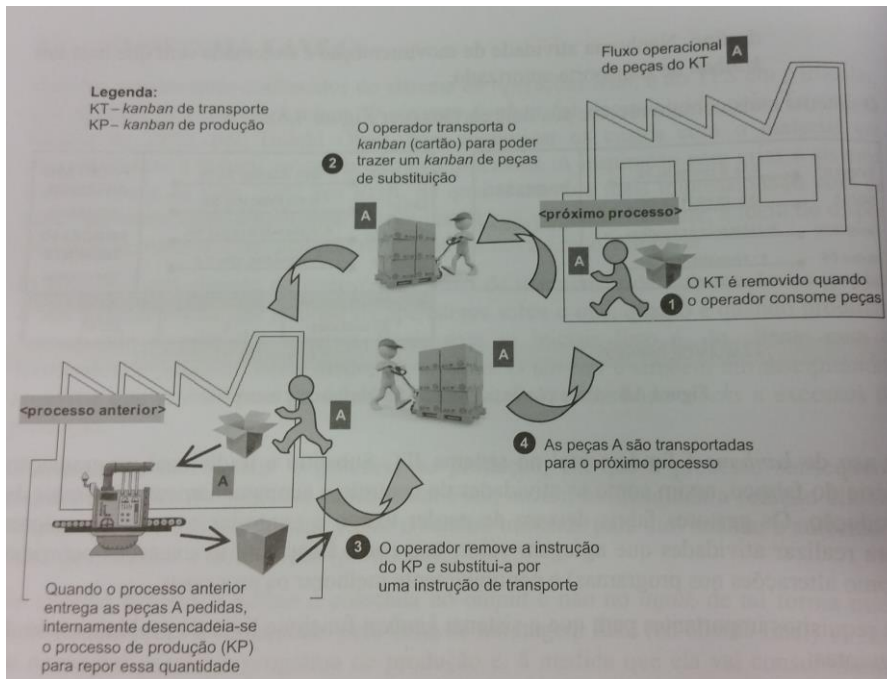


Figura 6 - Diagrama conceptual do sistema Kanban(Pinto 2014)

### 2.3.3 Andon

O Andon é a palavra japonesa para lanterna e um dispositivo de sinalização visual ou sonora que indica uma tarefa, necessidade ou estado. É uma forma elegante de comunicar evitando desperdícios de movimentação ou excesso de informação. Existem alternativas luminosas, sonoras e físicas, mas todas exploram apenas meios diferentes de divulgação de uma mensagem. A vantagem deste dispositivo é a rapidez de divulgação da informação desejada.

O Andon também pode ser classificado quanto à sua complexidade, dependendo da complexidade da informação passada.

Andons simples são aqueles que apresentam uma mensagem de caráter binário, sendo apenas possível detetar a presença ou ausência do estímulo. Por exemplo, uma luz que acende e apaga, um cartão que é apresentado ou não, ou um som que toca ou mantém silêncio.



Figura 7 - Andon luminoso simples(Andon 2016)

Adons complexos, por outro lado apresentam informação mais elaborada e, às vezes, tratada como sendo um quadro que indique o trabalho a ser executado numa linha e o tempo de início da próxima tarefa.

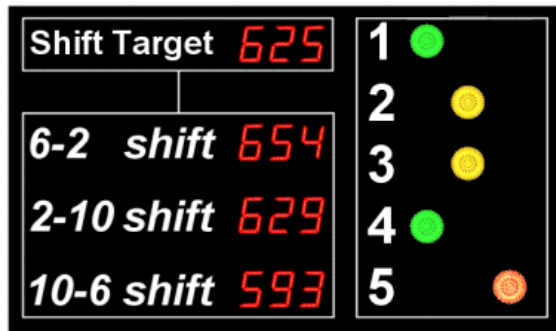


Figura 8 - Andon eletrônico complexo(Freitas 2009)

## 2.4 Modelação com base em Filas de Espera

O estudo das filas de espera pretende, como ferramenta de análise de sistemas, auxiliar a compreensão de fenómenos de espera e facilitar o seu estudo de forma a conseguir medir todas as suas características e o impacto delas para os serviços, organizações e pessoas envolvidas.

O pensamento que caracteriza uma fila de espera é qualquer sistema com uma fonte de agentes que procuram um bem ou serviço e que, ao entrar no sistema, sofrem um processo de espera até serem atendidos por uma outra entidade que facilita o bem procurado.

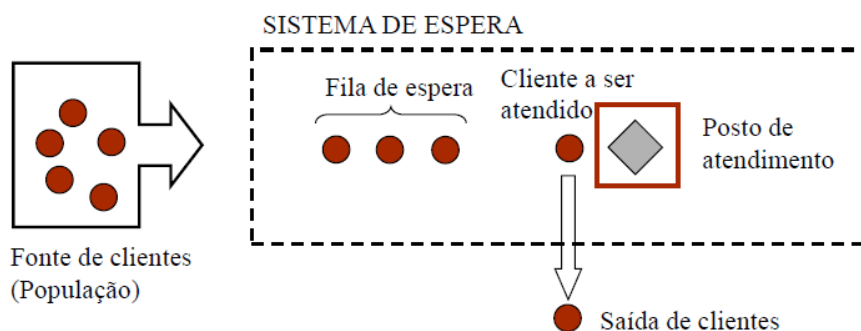


Figura 9 - Estrutura de um sistema de filas de espera(Camanho 2014)

#### 2.4.1 Caracterização da Fila de Espera

A caracterização do sistema assenta em cinco atributos base segundo a classificação de Kendall-Lee (Kendall 1953):

- a : Distribuição do intervalo de tempo entre chegadas. Por este atributo se define como se comporta a distribuição de entrada de clientes no sistema.
- b : Distribuição do tempo de serviço. Como varia o tempo de resposta do atendedor.
- c : Número de postos de atendimento em paralelo.
- d : Disciplina da fila de espera. O exemplo mais comum é o FIFS em que os clientes são atendidos por ordem de chegada, mas o contrário também pode acontecer no caso da última pessoa a entrar no elevador que é a primeira a sair. A fila também pode seguir uma disciplina alternativa que dê prioridade com base na criticidade do cliente (idade, quadro clínico, etc.) (Lee 1968).
- e: Número máximo de clientes no sistema. Esta característica tem especial importância quando a taxa de atendimento é inferior à taxa de entrada de clientes (Sen 2010).

#### 2.4.2 Tipo de serviço

No que diz respeito ao atendimento é possível caracterizar o mesmo em termos do número de servidores em paralelo e até mesmo pela dimensão do serviço prestado que pode, em alguns casos, ser feito a múltiplos clientes ao mesmo tempo.

O comportamento da distribuição de tempos entre atendimentos pode ser:

- Constante: com intervalos de tempo fixos entre serviços sucessivos.
- Aleatório: quando não existe forma de prever os intervalos entre atendimentos sucessivos.

A taxa de serviço  $\mu$  é o número médio de clientes que o servidor tem capacidade de atender por unidade de tempo e é característica essencial do sistema.

### 2.4.3 Fonte de entradas

A atitude dos clientes pode ser descrita como paciente se estes permanecerem na fila, sem desistências até ao momento de atendimento. Ou pelo contrário, pode ser considerada impaciente se existir uma predisposição para o abandono da fila quando o tempo de espera é muito elevado.

A distribuição das chegadas, em semelhança com o tipo de serviço pode ser constante ou aleatória.

A taxa de chegadas  $\lambda$  é o número médio de clientes que procuram o serviço por unidade de tempo e pode variar com o número de clientes que estão no sistema, como nos casos em que as pessoas desistem de esperar se encontrarem uma fila muito grande e procuram outra alternativa de serviço ou horário.

### 2.4.4 Medidas de Desempenho

As medidas de desempenho são as informações relevantes que diagnosticam o sistema. Consoante os objetivos da entidade que explora este modelo podem ser avaliados outros indicadores que melhor espelhem o processo.

Do ponto de vista do cliente e do serviço as medidas avaliadas são:

- Número médio de clientes na fila ( $LQ$ );
- Número médio de clientes no sistema ( $L$ );
- Tempo médio de espera na fila ( $Wq$ );
- Tempo médio de retenção de clientes no sistema ( $W$ );
- A intensidade do tráfego.

Destas medidas, é importante destacar para o ambiente industrial, a especial importância do tempo médio de retenção de clientes no sistema, que será o tempo que demora uma linha de produção a ser abastecida, desde o momento que surge uma necessidade de material, até ao momento de entrega desse material na linha.

A intensidade do tráfego é indispensável para o balanceamento de carga em diferentes áreas de atendimento da LI e possibilita um melhor aproveitamento dos recursos.

### 3 Estado inicial

Este capítulo começa com uma visão macro de todo processo de criação de uma embalagem metálica com o propósito de enquadrar o projeto no portfólio de atividades desenvolvidas na empresa.

Em seguida será apresentado um estudo mais detalhado de todas as áreas de relevo para esta dissertação.

#### 3.1 Mapa de Processos

O processo produtivo é apresentado na Figura 10.

O ponto de partida da embalagem metálica é a receção da principal matéria-prima, a folha-de-flandres. A folha chega em bobines ou *coils*, em várias referências de tamanho e espessura e é armazenada no armazém A0 em sistema FIFO.

Na operação de corte primário a bobine é desenrolada e cortada em várias folhas que são acamadas em cima de um estrado para formar uma nova unidade de armazenamento, o *balote*. Estes balotes de folha cortada são armazenados no armazém A1 em estantes.

Segue-se o processo de litografia com as fases de envernizamento, impressão e acabamento. Todas estas operações são suportadas pelo armazém de litografia que armazena todo o produto em processo de produção. Assim que está litografada a folha, esta sofre um último corte secundário que divide a folha em corpos preparados para Estampagem e montagem.

Os balotes de folha preparada entram no armazém de produto intermédio onde aguardam ordens de produção.

Durante a Estampagem os corpos de folha litografada são puncionados em componentes para a montagem.

Nas linhas de montagem é dada forma ao corpo da embalagem e montados todos os componentes da lata pronta a encher. As latas são armazenadas em paletes e migram para o armazém de produto acabado até serem expedidas.

No âmbito desta dissertação será dado principal destaque ao armazenamento e abastecimento a jusante da litografia até à operação de montagem.

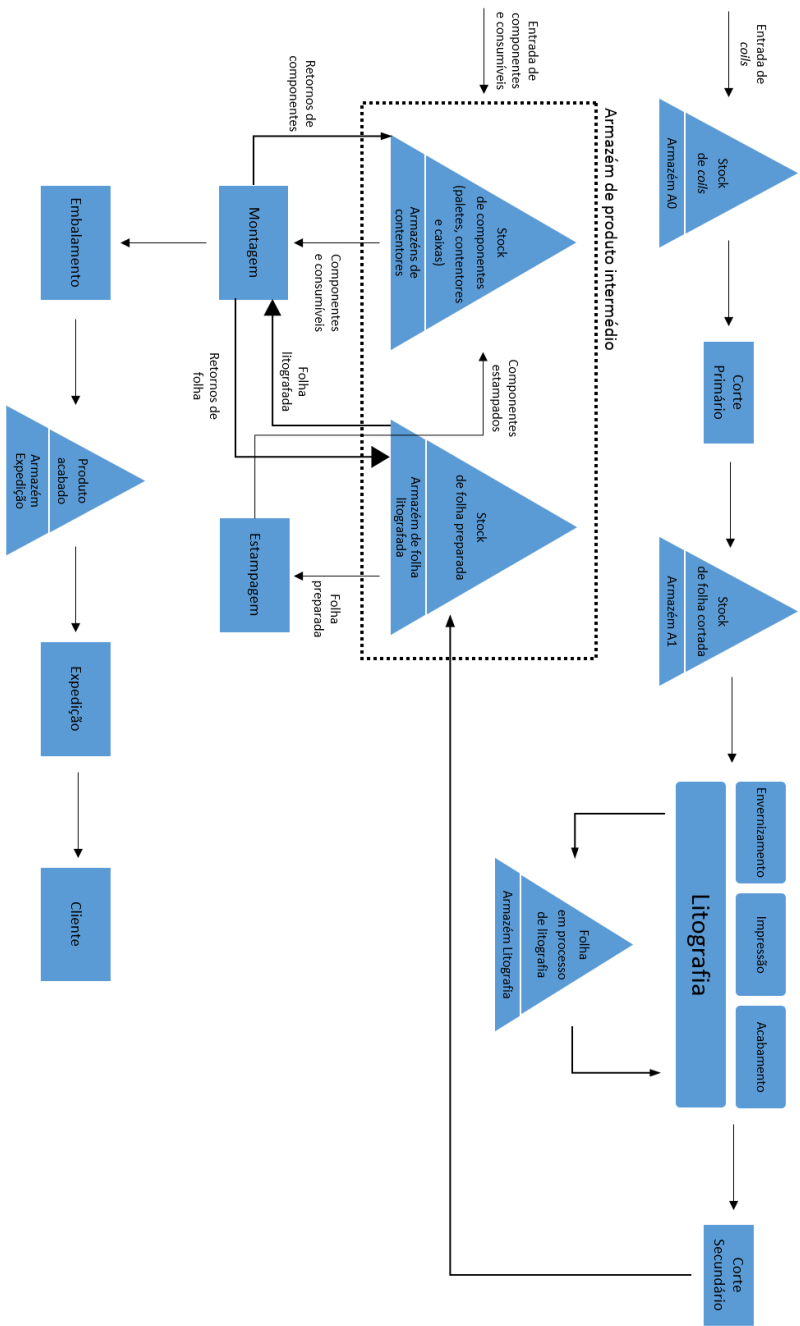


Figura 10 - Mapa de Processos macro



### 3.2 A Logística Interna

Na abordagem ao problema é importante começar por definir o processo em análise, em termos de atividades e constrangimentos.

Estando esta dissertação focada nos fluxos de material e informação no abastecimento às linhas de produção, é natural que o objeto central de estudo seja o ponto de partida deste abastecimento, ou seja, o armazém de produto intermédio, da responsabilidade da logística interna (LI).

Sendo o transporte de material executado à unidade, o tratamento de dados foi feito sempre em Unidades Logísticas (UL), que refletem o número de movimentações neste tipo de transporte. Para todas as referências de material foram identificadas as unidades que compõem uma UL. Esta conversão permite avaliar diferentes tipos de artigos, independentemente do seu peso, forma ou tipo de embalamento.

A LI é responsável por todo o transporte e armazenamento de produto intermédio dentro das instalações.

Assim sendo, cabe à LI:

- Todo o abastecimento de materiais necessários nas linhas de produção;
- Recolha de produto acabado;
- Retorno de material em excesso no final da ordem de produção;
- Recolha de toda a sucata e desperdícios na área de produção.

### 3.3 Caracterização do Abastecimento

Para ser possível estudar uma solução de abastecimento, é imperativo quantificar as necessidades de material. Essas necessidades ditam as exigências de quantidade e variabilidade do número de unidades transportadas.

Este estudo de necessidades seguiu o mesmo paradigma de organização de áreas utilizado no estado inicial. Desta forma, podemos avaliar o balanceamento da carga de trabalho entre as diferentes secções.

O abastecimento da produção da área de *Metal Packaging* da Colep depois de litografada e cortada a folha-de-flandres está dividido em três zonas, cada uma com um condutor de empilhador responsável: Estampagem; Montagem de Aerossóis; Montagem de General Line.

#### 3.3.1 Estampagem

A esta secção cabe a Estampagem e preparação dos componentes necessários na montagem de todos os tipos de embalagens metálicas. Inclui-se aqui a Estampagem de cúpulas e fundos de aerossóis, a Estampagem de fundos e tampos de embalagens industriais e alimentares bem como a furação dos mesmos, sempre que aplicável.

A Estampagem é constituída por, sensivelmente, 50 linhas funcionais que se dividem em 3 áreas:

- Estampagem de Alimentares;
- Estampagem de Industriais;
- Estampagem de Aerossóis;

Cada uma das áreas é responsável pelos componentes que integram a montagem das embalagens desse tipo.

Como a Estampagem lida com produtos de áreas de negócio bastante distintas, as estratégias de produção são, também elas, adaptadas. Por este motivo, a logística e o armazém devem ser capazes de responder, simultaneamente, a sistemas em regime *Make-to-Stock* e *Make-to-Order*.

### 3.3.2 Necessidades de abastecimento na Estampagem

O cálculo das necessidades de abastecimento é feito por linha e segue o seguinte método.

Primeiro é retirado um histórico do SAP para determinar o volume de produção anual da linha. De seguida são acrescentados os desperdícios de produção.

Com base neste resultado são estimadas as necessidades de material que foram emitidas nas ordens de produção.

As necessidades de material são divididas pela quantidade que incorpora a unidade de embalagem respetiva. Com isto, apresentamos as necessidades de produção em unidades de cada tipo de material.

Necessidades de abastecimento da estampagem por turno em ULs
25,44

Figura 11 - Necessidades de abastecimento na Estampagem

Com base na Tabela 1, chegamos às necessidades em unidades logísticas de abastecimento na área de Estampagem por turno. Este cálculo é feito com base na produção mensal da linha e do que essa quantidade representa em unidades logísticas consumidas. Para saber esse número é necessário somar aos componentes necessários para a produção, a estimativa da sucata que é calculada retirando a componente de qualidade do OEE. Por uma questão de segurança foi considerado o OEE máximo registado em cada linha no último ano.

Redefinição dos Fluxos de Material e Informação

Linha	Produção mensal	OEE Max	Número de turnos planeados por ano	Quantidade média em linha	Capacidade do bordo de linha (unidades logísticas)	Quantidade por unidade logística	Necessidades de material (unidades logísticas)
19	494.454,83	72,1%	135,8	2500	1	2500	2,99
63	378.861,42	58,1%	74,4	2500	1	2500	2,29
38	4.965.901,50	71,2%	703,5	180000	3	60000	1,25
91	1.573.702,58	75,8%	26,3	20000	1	20000	1,19
3	5.142.752,67	78,9%	606,4	70000	1	70000	1,11
36	578.729,33	60,9%	281,7	16000	2	8000	1,09
94(1)	23.663.903,25	88,2%	135,5	720000	2	360000	0,99
5	1.154.647,75	79,5%	69,7	22000	1	22000	0,79
98	1.562.781,75	90,3%	15,0	30000	1	30000	0,79
62	5.512.408,67	81,1%	676,4	216000	2	108000	0,77
55	4.509.420,42	70,7%	566,2	100000	1	100000	0,68
67	4.255.271,67	78,3%	563,4	210000	2	105000	0,61
68	3.585.614,67	70,2%	438,9	90000	1	90000	0,60
15	5.485.361,42	72,9%	626,6	140000	1	140000	0,59
11	136.174,58	70,6%	142,1	7200	2	3600	0,57
99	392.239,25	71,7%	358,1	10500	1	10500	0,56
13	1.480.030,75	75,7%	192,1	40000	1	40000	0,56
34	735.775,00	62,6%	202,8	40000	2	20000	0,56
73	100.168,67	70,9%	228,1	6000	2	3000	0,50
37	3.810.150,75	64,8%	587,7	236000	2	118000	0,49
90	3.195.606,00	84,3%	147,6	105000	1	105000	0,46
69	4.181.304,92	73,9%	499,9	140000	1	140000	0,45
35	881.617,00	79,3%	209,0	60000	2	30000	0,44
23	677.367,75	90,3%	7,5	50000	2	25000	0,41
93	85.224,50	72,3%	80,1	7000	2	3500	0,37
18	222.250,75	94,3%	307,5	10000	1	10000	0,34
82	1.034.103,00	84,3%	334,0	47000	1	47000	0,33
70	1.472.351,50	66,9%	231,3	70000	1	70000	0,32
39	1.426.288,25	76,1%	655,3	75000	1	75000	0,29
95	270.058,83	82,4%	296,7	15000	1	15000	0,27
41	99.944,58	90,7%	185,8	12000	2	6000	0,25
52	2.588.955,67	80,4%	621,2	164000	1	164000	0,24
7	305.309,67	78,6%	46,9	20000	1	20000	0,23
17	2.995.643,58	78,7%	387,4	200000	1	200000	0,23
25	133.058,75	97,0%	15,0	18000	2	9000	0,22
6	698.455,08	91,2%	230,9	50000	1	50000	0,21
65	1.481.774,50	79,2%	324,1	110000	1	110000	0,20
27	1.056.373,58	84,5%	208,2	160000	2	80000	0,20
16	1.311.596,00	78,8%	139,2	100000	1	100000	0,20
94(2)	680.417,83	83,0%	188,7	112000	2	56000	0,18
51	460.483,83	92,5%	132,5	80000	2	40000	0,17
14	103.102,33	71,7%	153,7	13000	1	13000	0,12
80	187.563,00	82,7%	53,7	40000	1	40000	0,07
26	55.352,33	68,8%	32,8	30000	2	15000	0,06
97	76.670,50	82,5%	29,9	22000	1	22000	0,05
9	179.947,17	66,5%	104,8	120000	2	60000	0,05
46	111.276,50	82,2%	41,3	80000	2	40000	0,04
2	101.338,83	61,1%	175,1	50000	1	50000	0,03
20	28.059,25	85,4%	4,2	17000	1	17000	0,02
21	34.721,50	71,8%	0,7	55000	1	55000	0,01
Total	95.654.567,92	77,5%	12475,7	83814	71	59612	25,44

Tabela 1 - Necessidades de material nas linhas de Estampagem (nota: os valores apresentados de produção e OEE das linhas, estão protegidos por uma constante associada)

### 3.3.3 Montagem

Tal como a Estampagem, a montagem está segmentada nas três áreas de negócio e possui:

- 6 Linhas de montagem de aerossóis;
- 6 Linhas de montagem de embalagens industriais;
- 6 Linhas de montagem de embalagens alimentares;

As linhas de montagem de industriais e alimentares compõem a secção de abastecimento do General Line.

As principais necessidades de material para produção nesta área são garantidas pela equipa dos aviamentos no que diz respeito a:

- Folha litografada;
- Fundos;
- Tampos ou cúpulas;
- Fio de Cobre;

Todos os restantes consumíveis são fornecidos pela equipa de logística que recolhe o produto acabado no final das linhas.

### 3.3.4 Necessidades de abastecimento na Montagem

O método de cálculo das necessidades é bastante idêntico ao utilizado na Estampagem, mas neste caso teremos que contabilizar mais tipos de material.

Por Turno	Abastecimentos de folha litografada	Abastecimentos de cúpulas ou tampos	Abastecimento de fundos	Total de abastecimentos
Montagem AEROSSOIS	13,6	6,5	6,1	26,2
Montagem General Line	10,4	3,1	3,6	17,0
Total Montagem	24,0	9,5	9,7	43,2

Tabela 2 – Necessidade de abastecimento por turno em ULs na Montagem

Para o cálculo das necessidades de cobre é necessário aplicar outro método, pois por ser difícil contabilizar a sua utilização, o seu consumo não aparece descrito nas ordens de produção.

Tendo em conta que o objetivo final será contabilizar o esforço que este abastecimento representa para a logística interna, não será tão importante saber a quantidade consumida, mas sim o tempo dedicado a esta operação. Este tempo pode ser calculado mais à frente a quando da análise dos fluxos de material e operações no aviamento.

## 3.4 Análise dos fluxos de material no Aviamento

É imperativo para a mensuração do estado atual, analisar e quantificar as diferentes tarefas durante o abastecimento às linhas.

Numa fase inicial, foram colocadas câmaras de filmar nos três empilhadores responsáveis pelo aviamento. As gravações foram, posteriormente examinadas e delas se retiraram as categorias de tarefas e desperdícios a medir. No total, a análise considera 182 horas de observações no terreno.

Os tempos foram classificados nas seguintes atividades:

**Abastecer** – Quando o empilhador se desloca carregado até à linha para a abastecer de material.

**Inspecionar** – É o tempo que o condutor de empilhador despende a percorrer a fábrica para apurar a necessidades das linhas.

**Retornar** – Atividade que consiste no retorno do material não utilizado na ordem. Por exemplo, se for emitida uma ordem de produção de montagem de 4000 aerossóis, mas o contentor de fundos que abasteceu a linha possui 15000 unidades. Neste caso, os restantes 11000 fundos devem ser retornados ao armazém no final da ordem de produção.

**Viajem em Vazio** – Este é o tempo em que o empilhador se desloca vazio até às localizações de material que tem de carregar até ao bordo de linha. É importante avaliar este tempo, pois este está diretamente relacionado com a distância do material à linha.

**Localizar** – Atividade de localizar o material que dá entrada em armazém na respetiva localização.

**Preparar** – Tempo utilizado na preparação das ordens de transporte. Tendo acesso à ordem de produção, o material afeto a essa ordem é aproximado da área produtiva e colocado num supermercado até ser requisitado pela linha.

**Espera** – Quando o condutor de empilhador aguarda pelo final de uma tarefa para poder iniciar o seu trabalho. Por exemplo, esperar que uma linha esgote material para a poder abastecer. É crítico em casos como o cobre, em que existe apenas uma bobine a abastecer a linha e esta deve ser totalmente utilizada antes de se abastecer a seguinte.

**Cobre** – Toda a tarefa de aviamento de cobre.

**Virar balote** – Identificado como uma fonte de desperdício. Por vezes, durante o abastecimento, o empilhador tem de se deslocar com o balote a uma máquina para o virar e garantir a correta alimentação da linha. Esta atividade poderia ser executada previamente à localização do material em armazém, e não durante uma operação que pode, se demorada, dar origem a uma paragem de linha.

**Pausa** – Todos os intervalos de refeições e necessidades que devem ser subtraídos ao tempo total para avaliar o tempo útil de operação.

**Produto acabado** – Quando é necessário recolher produto acabado para poder abastecer a linha de matéria-prima.

**Aviar ordem** – Ato de impressão da ordem de transporte em computador após retirada a ordem de produção da caixa de nivelamento.

**Arrumar material** – Tempo a limpar e organizar o bordo de linha para agilizar o aviamento.

**Procurar material** – Necessidade de procurar material sem localização ou mal localizado, ou seja, quando a sua localização física não corresponde à localização em sistema SAP.

**Sem serviço** – Tempo em inatividade.

**Limpar** – Atividade de limpeza

**Falar com chefia** – Tempo a receber indicações da chefia.

**Sucata** – Arrumar contentores de sucata.

Ajudar – Tempo a auxiliar colegas de outras áreas.

Recados – Atividades exigidas pela chefia que não enquadradas nas responsabilidades do aviamento.

Seguidamente, fez-se uma quantificação, no terreno, das atividades descritas acima.

nº de actividade	Tipos de actividade	Tempo General Line (min)	Tempo Aerossóis (min)	Tempo Estampagem (min)	Tempo Total (min)	Porcentagem
1	Preparar	382	480	332	1194	12,02%
2	Abastecer	651	871	778	2300	23,16%
3	Inspeccionar	327	350	372	1049	10,56%
4	Retornar	124	115	69	308	3,10%
5	Viajem em Vazio	724	920	780	2424	24,40%
6	Limpar tampete	278	168	48	494	4,97%
7	Espera	24	14	38	76	0,77%
8	Cobre	0	127	0	127	1,28%
9	Virar balote	8	0	72	80	0,81%
10	Pausa	428	288	320	1036	10,43%
11	Produto acabado	169	6	17	192	1,93%
12	Aviar ordem	190	255	271	716	7,21%
13	Arrumar material	71	4	63	138	1,39%
14	Procurar material	63	32	131	226	2,28%
15	Sem serviço	20	26	15	61	0,61%
16	Limpar	43	109	46	198	1,99%
17	Falar com chefia	29	68	106	203	2,04%
18	Sucata	0	0	6	6	0,06%
19	Ajudar	0	22	10	32	0,32%
20	recados	30	44	35	109	1,10%
	<b>Total</b>	<b>3561</b>	<b>3899</b>	<b>3509</b>	<b>10969</b>	<b>110,43%</b>
	<b>Total útil</b>	<b>3133</b>	<b>3611</b>	<b>3189</b>	<b>9933</b>	<b>100,00%</b>

Tabela 3 - Análise total do aviamento

O tempo total útil é calculado retirando ao tempo total observado, os tempos de pausa. Para facilitar a análise das atividades, considerou-se o tempo útil como 100% para melhor medir o peso das atividades.

Com estes dados, conclui-se assim, a caracterização do estado inicial do abastecimento de material.

### 3.5 Escolha de indicadores

Passamos à escolha e análise dos KPI's. É importante, nesta fase, definir os indicadores que servirão de base ao diagnóstico do processo.

Um dos objetivos do projeto é a diminuição do tempo de abastecimento às linhas. Sendo assim, o primeiro indicador escolhido foi o tempo médio por cada abastecimento. Este indicador será calculado, para cada secção de aviamento, pelo quociente entre a soma dos tempos das atividades de abastecimento num turno e o número de abastecimentos feitos nesse mesmo turno.

Avaliada a eficiência do aviamento, é necessário medir também a sua eficácia. Para medir a eficácia do processo foi escolhido para indicador o tempo médio de paragens de linha por falha no abastecimento. O principal objetivo do abastecimento deve ser sempre, evitar a paragem de linha, pois este é o problema de maior consequência para a operação.

Por último, é acompanhado ainda, o número de abastecimentos por condutor de empilhador por turno. Esta é uma medida de eficiência dos recursos do departamento que permite também avaliar o custo de mão-de-obra da operação.

### 3.6 Análise dos KPI's

Escolhidos os indicadores passa-se à quantificação e análise dos valores encontrados na situação inicial.

A escolha destes indicadores é reflexo da estratégia de melhoria perseguida no projeto, ou seja, melhorar a eficiência, sem comprometer a eficácia das operações. Naturalmente necessitamos de pelo menos uma medida de eficiência e outra de eficácia. Foram escolhidos 3 indicadores que resultam de uma média ponderada de todas as áreas de abastecimento.

KPI	Inicial
Tempo médio por abastecimento (min)	12,58
Tempo de paragens por falta de avimento(min/dia)	39,91
Abastecimentos por turno por condutor de empilhador	22,88

Tabela 4 - Valores dos KPI's

#### 3.6.1 Tempo médio por abastecimento

Este é um indicadores de eficiência e eficácia do processo. Esta é a medida que indica o tempo médio de abastecimento de uma linha, desde o momento em que surge uma carência de material, até ao momento em que a linha é abastecida. Apesar de medir a eficiência das operações, este valor tem um impacto direto na eficácia do processo, pois quanto menor for o tempo médio de abastecimento, menor é a probabilidade de uma linha parar por falta de material.

O cálculo do indicador resulta do quociente entre o tempo observado em tarefas de abastecimento e o número de unidades de material entregues na linha de produção.

$$\text{Tempo médio por abastecimento} = \frac{TI + TA + 480 * E}{TO * Na}$$

Equação 1 - Tempo médio por abastecimento  
TI : Minutos observados a inspecionar;

TA: Minutos observados a abastecer;  
E: Número de empilhadores no abastecimento  
TO: Minutos totais observados  
Na: Número de abastecimentos observados

	Tempo médio de abastecimento (min/UL)	Abastecimentos (UL/turno)	Percentagem de folha	Percentagem de componentes
Estampagem	12,61	25,44	100%	0%
Montagem AER	10,78	26,2	52,32%	47,68%
Montagem GL	15,32	17	55,09%	44,91%

Tabela 5 - Tempo médio de abastecimento em minutos por área

Devido às grandes diferenças entre as diferentes áreas, é importante desdobrar este indicador e avaliar cada uma delas em separado, pois um dos objetivos do projeto é o de balancear a carga de trabalho dos elementos da equipa da logística interna, encargos do aviamento.

### 3.6.2 Tempo de paragens por falta de aviamento

Este indicador foi calculado a partir dos dados do ano de 2015 consultados no BI(Business Intelligence), que é uma ferramenta de tratamento de dados que dá suporte ao sistema de informação. São contabilizados para este indicador todos os tempos em que uma linha esteve parada por falta de abastecimento. Assim se mede a eficácia da operação, ou seja, quanto maior o tempo de paragens de linha, menor é a eficácia das operações.

Este indicador é de especial importância, pois uma linha parada tem um custo calculável e o estado atual apresenta um custo anual avultado para este tipo de paragens. Este desperdício é calculado fazendo um produto entre o custo da paragem e o tempo de paragem de cada linha ao longo de um ano.

$$\text{Tempo de paragens} = \frac{\sum T P_i}{D}$$

Equação 2 - Tempo de paragens por dia  
TPi: tempo da paragem i registada  
D: Número de dias em análise

### 3.6.3 Abastecimentos por condutor por turno

Este indicador é uma medida de eficiência da operação. Indica o número médio de abastecimentos feitos num turno por cada condutor de empilhador. Ou seja, quanto mais baixo for este valor, maior é o custo da operação, pois são necessários mais recursos para a mesma operação. É importante ter este valor em atenção para o cálculo dos custos da operação.



$$\textit{Abastecimentos por turno por empilhador} = \frac{\overline{Na}}{E}$$

Equação 3 - Abastecimentos por empilhador por turno

Na: Número médio de abastecimentos por turno

E: Número de empilhadores no abastecimento

## 4 Soluções Propostas

Neste capítulo serão avaliadas as principais causas de impacto dos indicadores e equacionadas medidas para eliminação de problemas e redução de desperdícios.

Tendo por base os modelos evidenciados na revisão da literatura, adaptam-se os conhecimentos a uma realidade específica. É reconhecida a importância de traçar metas desejáveis para o futuro, mas sempre que o ideal não seja exequível no curto prazo é imperativa a busca de soluções de compromisso que tragam mais-valias até que o ideal se torne oportuno.

Começa-se por uma análise pormenorizada dos problemas nos processos mais sensíveis que dará origem à enunciação das principais causas raiz a serem combatidas. De seguida, elabora-se um plano de ações corretivas e é avaliado o impacto dessas mesmas soluções.

### 4.1 Criação de plano de ações

Dada a abrangência organizacional do projeto, é imprescindível o envolvimento de diversos departamentos no apuramento dos problemas. Para isto recorreu-se ao desenho de um diagrama ishikawa ou causa-efeito, em conjunto com os representantes dos departamentos afetos.

Foi proposto aos participantes que enunciassem, em grupo, as causas de perda de eficiência logística em diferentes áreas. As sugestões foram dadas à vez por cada um dos intervenientes e criticadas pelos demais. Sempre que uma sugestão era reconhecida pelo grupo, afixava-se um *post-it* no ramo (processo) em análise.

Deste exercício resultou uma lista dos principais problemas/dificuldades, sentidas pelas diversas áreas e que comprometem a eficiência logística em diversos pontos do processo.

Este envolvimento foi chave na implementação do plano de ações, pois pelo facto de todos os responsáveis de departamentos afetos conhecerem os problemas e identificarem, juntamente com as suas equipas, as ações necessárias, criou-se um sentido de urgência e propósito para o projeto nas equipas de terreno.

### 4.2 Estratégia de implementação

Identificados os problemas, é importante definir os âmbitos de atuação.

Na realidade vivida pela logística interna da empresa as áreas de atividade são divididas em armazenamento, fluxos de informação e abastecimento.

Esta secção surge para justificar o método e a sequência de implementação das ações. Por outras palavras, a ordem de abordagem durante o plano de ações não é opcional, já que as soluções numa área, podem afetar a viabilidade de implementação em outras.

Por esta razão, começam por ser avaliadas todas as soluções no armazenamento. A decisão de iniciar a implementação nesta área deve-se ao facto de esta afetar diretamente os constrangimentos e possibilidades nas restantes duas sem que, aparentemente, o inverso se verifique. Por exemplo, as distancias percorridas pelos empilhadores estão dependentes da distância entre as linhas de produção e a posição do material em armazém que, por sua vez, é ditada pela estratégia de armazenamento.

Em segundo lugar, são avaliadas as soluções no fluxo de informação. Desta vez, a decisão é tomada tendo em conta que este antecede o abastecimento, ou seja, o fluxo de informação aciona todas as operações de abastecimento. Em conjunto com o armazenamento, são os fluxos de informação que compõem a estrutura de constrangimentos do aviamento de produto em transformação.

Por último o abastecimento, pois só este é afetado pelo os demais sem que o alcance inverso tenha o mesmo impacto.

É importante salientar o efeito cascata da estratégia usada. Neste caso, qualquer ineficiência dos processos indicados em primeiro lugar têm um peso acrescido, pois condicionam e limitam o impacto das soluções aplicadas nas áreas que lhe espiam.

### 4.3 Armazenamento

Nesta secção serão abordadas as soluções de armazenamento. A quantidade de material e a sua variabilidade não são controladas pela logística interna, pois estas são consequência das opções tomadas pelo planeamento. Sendo assim, resta à logística interna gerir este material da melhor forma possível de forma a minimizar todas as deslocações sem valor.

Como a logística interna não está integrada na direção de *Supply Chain*, e sendo esta última responsável pelo planeamento e compras, o departamento no qual está inserido o projeto não tem controlo nem pela entrada, nem pela saída de material dos armazéns de produto intermédio. Por outro lado, é responsável pelo acondicionamento das mercadorias e do transporte das mesmas dentro da fábrica.

Dito isto, a solução de armazenamento procurada deve, dentro dos constrangimentos supra indicados, exigir o menor esforço possível à operação de abastecimento.

#### 4.3.1 Categorias de material ABC

A solução proposta para a organização de armazém é a organização ABC que assenta na criação de famílias de materiais com base na sua importância. O objetivo é garantir que o material de maior rotação ocupa um lugar privilegiado no armazém.

A rotação de stock é o quociente entre o stock total de material de uma referência e a sua quantidade de stock médio.

Sendo o foco desta estratégia de organização a diminuição de movimentações durante a preparação de material, a rotação deve ser apreciada em unidades logísticas por forma a pesar com justiça, o peso de cada referência para a operação.

Retiram-se os registos em sistema de informação do último ano, dos consumos de todas as referências de folha litografada consumidas. Com base na quantidade média que compõe a

unidade logística de cada artigo, converteu-se esses dados em unidades logísticas que correspondem à unidade de transporte.

Em seguida foi escolhido o critério de armazenamento.

Visto que se pretende maximizar a utilização do armazém A3, que se encontra em lugar privilegiado de proximidade às linhas, o critério que melhor garante o melhor aproveitamento deste recurso é a rotação do stock.

Se for garantido que os artigos de maior rotação são alocados no armazém A3, temos certeza de minimizar as viagens a armazéns mais distantes. No entanto, devem ser revistas as rotações de material com alguma regularidade com vista a retificar as famílias de referências e as prioridades de localização, principalmente no que toca a novas referências de artigos.

O ideal seria esta análise ser feita em tempo real pelo sistema de informação e tomando em conta, não só o histórico dos consumos passados, mas a previsão de consumos futuros. Aqui reside a vantagem de integrar a logística com os dados do planeamento.

Se os critérios de localização do sistema de informação forem atualizados e incorporarem uma análise de rotação de stocks que considere os forecasts de produção, conseguimos garantir uma maior sensibilidade do processo de localização às necessidades das linhas de produção.

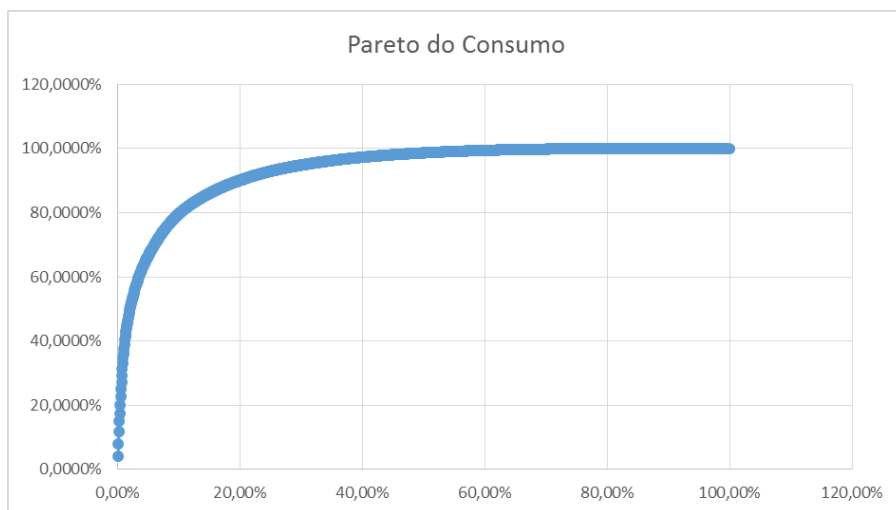


Figura 12 - Gráfico de pareto para os consumos  
(eixo y: percentagem acumulada do consumo em ULs; eixo x: percentagem acumulada de referências)

Esta primeira análise com base nos consumos, 20% das referências correspondem a 90,16% do consumo em unidades logísticas. Estes 90,16% correspondem, em média, a 55,38% da capacidade do armazém A3.

No entanto, para melhor caracterizar o peso dos artigos nas operações de armazém, foi ordenada a lista, desta vez, com base na rotação média de stock.

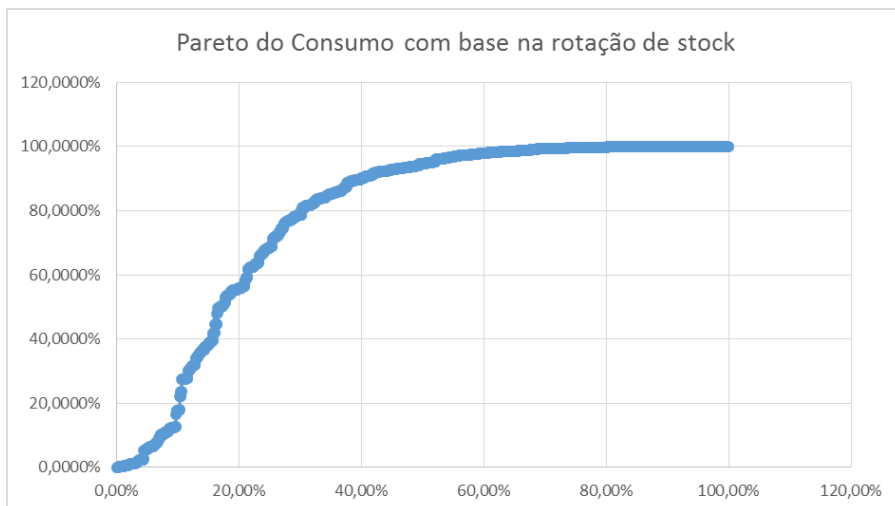


Figura 13 - Pareto às referências ordenadas pela rotação média de stock  
(eixo y: percentagem acumulada do consumo em ULs; eixo x: percentagem acumulada de referências)

Neste caso a curva tem um comportamento invulgar. Para este caso 20% das referências correspondem a 55,77% do consumo total em unidades logísticas e a 21,09% da capacidade de armazém. Para comparar com a solução anterior basta observar que para esta nova análise, os 55,09% de capacidade de armazém consegue abarcar 52,08% das referências que representam 95,23% do consumo total em unidades de transporte. Ou seja, 5,07% a mais de consumo para o mesmo espaço em armazém.

#### 4.3.2 Conclusões da gestão de armazenamento

É importante referir que para esta análise e tendo em conta os 3123 espaços em armazém privilegiado, as 1442 referências de material correspondem a uma ocupação total média de 89,81% destas posições.

Ou seja, se não existissem variações no consumo das referências, o armazém nunca deveria atingir o máximo da sua capacidade. No entanto, é sabido que existe, constantemente material nos armazéns mais afastados.

É seguro que esta ordem hierárquica de referências garante o melhor aproveitamento do armazém. Não é fácil, contudo, definir a fronteira entre as famílias de referências com base apenas no histórico de consumo e rotação. Vários destes artigos são criados e consumidos ao longo de período curto de tempo e, por este motivo, a análise mensal feita pelo sistema de informação não garante a correta caracterização do material.

Pelos motivos enunciados, será impossível prever o impacto da solução que está longe de ser a mais desejável, pois para funcionar em pleno deveria atualizar constantemente as referências de material em cada família de produtos.

Para o futuro recomenda-se uma gestão de armazenamento que conjugue os consumos para a operação com os *forecasts* de produção para intervalos mais curtos.

## 4.4 Fluxos de Informação

### 4.4.1 Solução de informação em tempo real

Durante a interação com todos os colaboradores da fábrica, quase sempre era sugerida uma solução que permitisse aos condutores de empilhador reconhecer instantaneamente uma carência de material.

Esta observação é legítima e denuncia um desperdício observado no capítulo anterior, que 10,56% do tempo dos três condutores de empilhador responsáveis pelo aviamento durante cada turno é empregue, exclusivamente, a inspecionar visualmente as linhas para identificar carências de material. Este desperdício é bem maior se contabilizarmos o tempo extra que é perdido durante outras atividades como o abastecimento ou deslocações a armazém, em que condutor abandona durante o percurso para inspecionar uma linha.

### 4.4.2 Implementação de solução Andon

Tendo em conta a impossibilidade de implementar, no horizonte temporal de projeto, uma solução de informação em tempo real, foi equacionada a possibilidade de implementação de uma solução *Kanban*. O princípio seria o referido no Capítulo 2, ou seja, um cartão que denuncie uma carência de material colocado de forma visível junto à linha, colocado pelo operador de produção e recolhido pelo condutor de empilhador. Este por sua vez abastece a linha e devolve o respetivo cartão.

No entanto, tendo em conta que o objetivo da solução é a redução do tempo de inspeção, o *Kanban* nada faz na redução deste desperdício, pelo contrário, até o aumentaria.

Se é pretendido diminuir o tempo da atividade e se esse tempo está dependente das deslocações feitas pelo condutor de empilhador, a solução deve diminuir essas deslocações.

Para o caso em estudo, a solução que possibilita uma comunicação à distância e diminui as rotas de inspeção é o *Andon*.

O Andon é um sistema que facilita, visualmente, uma comunicação à distância. Dentro deste sistema existem várias alternativas eletrônicas como quadros luminosos. No entanto, soluções luminosas são algo dispendiosas e a aprovação de um orçamento para as mesmas é um processo moroso e que não veria conclusão em vida desta dissertação.

A solução de compromisso encontrada foi um *Andon* físico. Uma alternativa que pudesse aproveitar materiais da serralharia da empresa e sem grandes custos de construção. No entanto, só podemos aceitar um desenho que permita uma diminuição significativa das rotas.

Depois de visitados, alguns protótipos, variados em forma, cor e tamanho o desenho que mereceu mais elogios é apresentado na Figura 14.



Figura 14 - Modelo do Andon

O modelo apresentado consiste num tubo em pvc cilíndrico pintado de escarlata e trespassado por um cabo de aço flexível com uma pega em madeira na extremidade inferior e um gancho na parte superior que permite que este seja pendurado num suporte colocado imediatamente acima do local onde é abastecido o material.

A localização do mesmo denuncia claramente a necessidade a suprir, dispensando-se descrições escritas na superfície do *Andon* que pudessem diminuir o alcance do meio de comunicação.

Após teste da ferramenta, foi criada a instrução de trabalho que contém a sequência de atividades no abastecimento.

É importante dar formação, tanto aos operadores logísticos, como aos operadores das linhas, pois são estes os intervenientes na troca de informação.



Figura 15 - Novo esquema de trabalho para abastecimentos após implementação dos Andons

#### 4.4.3 Resultados da solução

Implementada a solução, passamos ao cálculo dos ganhos conseguidos. Para isso foram retirados tempos de inspeção, com o Andon e sem ele, nas duas principais áreas, Estampagem e montagem.

Foi pedido aos condutores de empilhador que executassem uma rota de inspeção, sem apoio do Andon, para todas as linhas de uma determinada área. Como a variação dos tempos das observações não foi acentuada, nunca superior a 5%, foi considerado o melhor tempo para cada área.

Em seguida foram medidos os tempos de inspeção das mesmas áreas pelos operadores logísticos, com apoio dos *Andons*. Os ganhos são obtidos pela diminuição das rotas de inspeção.

Para a Estampagem apresenta-se nas figuras abaixo os pontos de inspeção e as rotas, antes e depois do ensaio da solução.



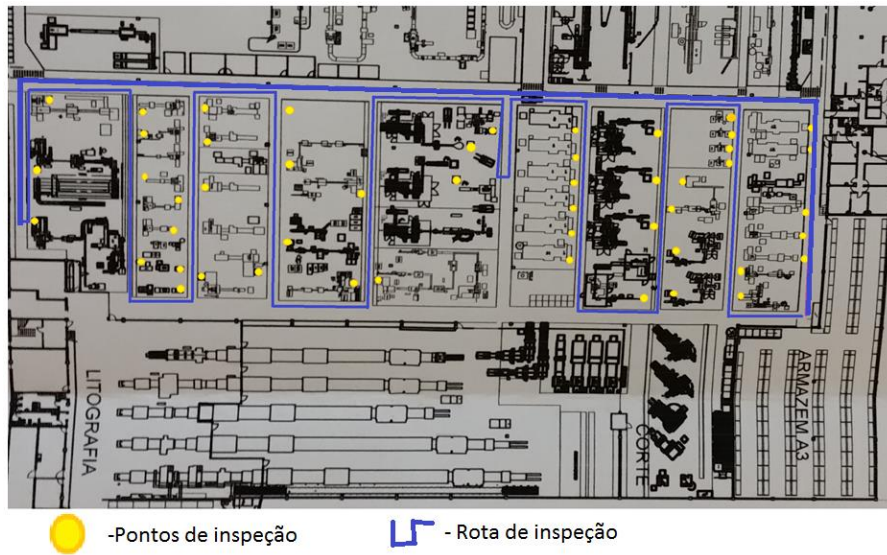


Figura 16 - Rota de inspeção da Estampagem sem Andon

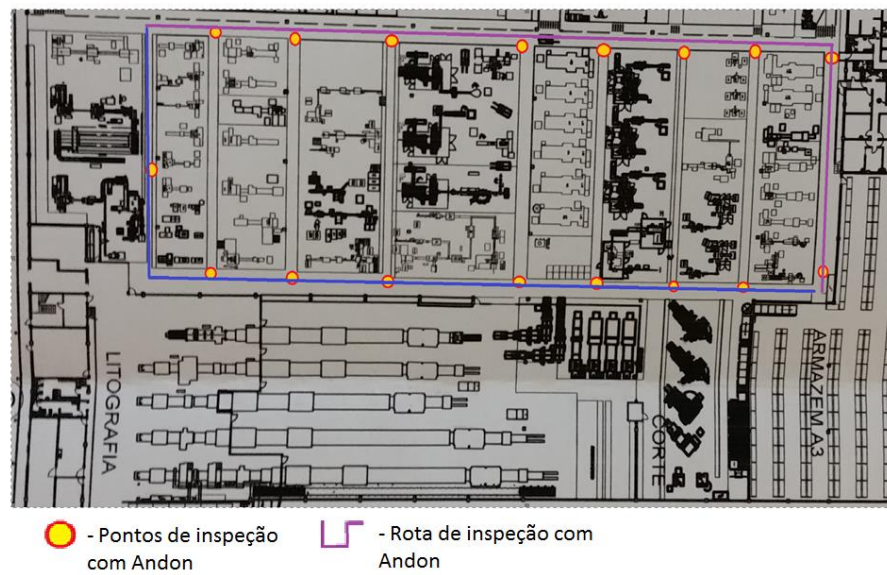


Figura 17 - Rota de inspeção da Estampagem após implementação do Andon

O ganho nesta área é significativo, porque é possível avistar os Andons do início de cada corredor. Isso permite diminuir o número de pontos de inspeção e otimizar a rota de inspeção. O tempo registrado para o primeiro percurso são 194 segundos, que são reduzidos para 83 segundos no segundo percurso graças ao meio de comunicação implementado.

Observado o sucesso da ferramenta neste percurso, foi avançado o teste para a área da montagem de embalagens. Os resultados são apresentados nas figuras que se seguem.

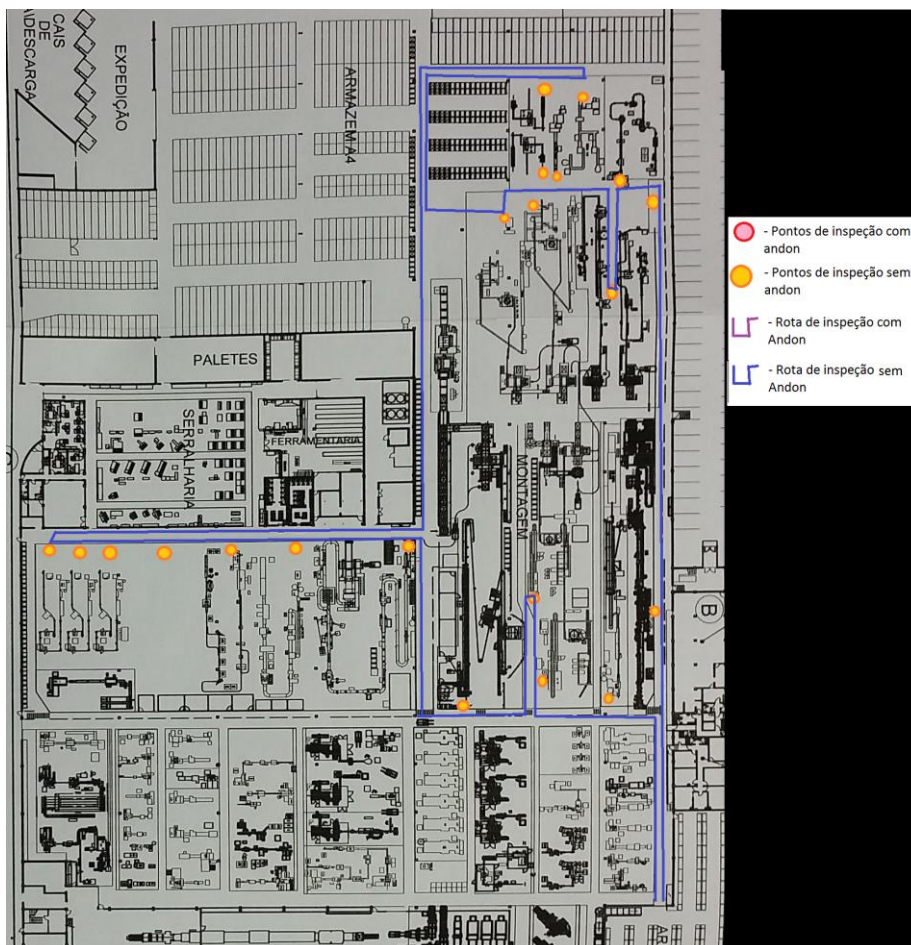


Figura 18 - Rota de inspeção antes de implementação do Andon

## Redefinição dos Fluxos de Material e Informação

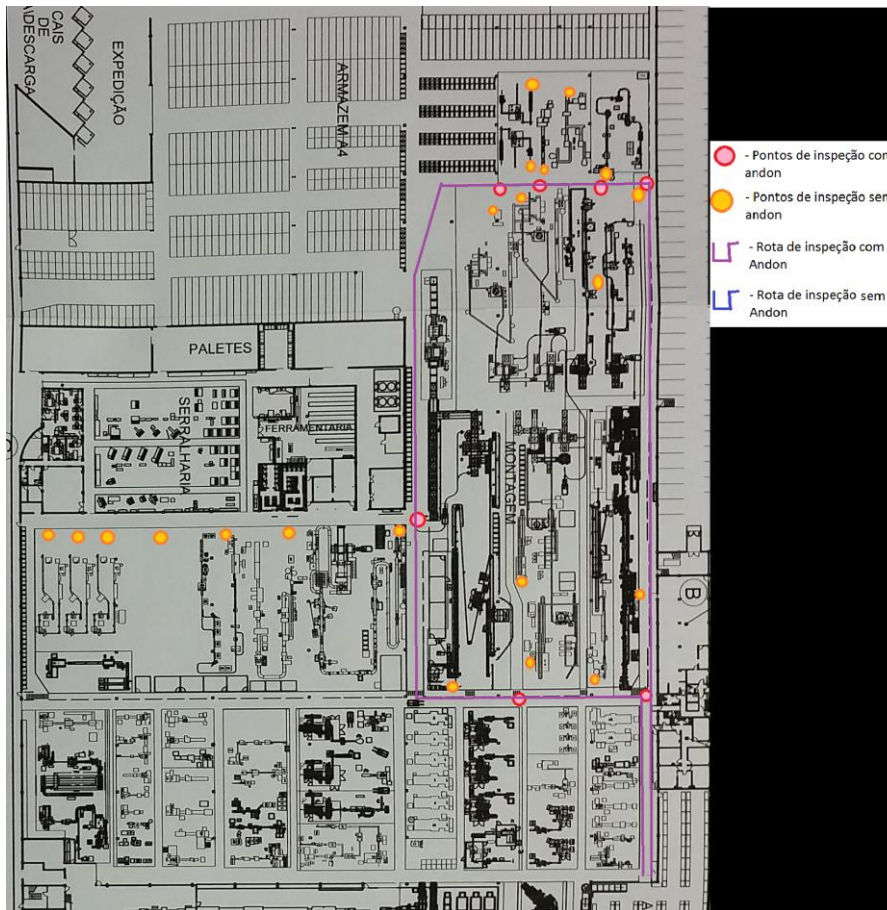


Figura 19 - Figura depois da implementação dos Andons

As linhas de montagem estão mais dispersas que as da Estampagem. Ainda assim, o caminho mais curto, tendo em conta os novos pontos de inspeção, surge intuitivamente e recorre aos corredores de mais fácil trânsito.

O melhor tempo registado para a rota sem a ferramenta de comunicação foi de 252 segundos. Este *record* foi facilmente ultrapassado com o uso da ferramenta e passou a 136 segundos, em média das observações.

Rotas	Tempo sem estímulo visual	Tempo com estímulo visual	Ganho percentual
Rota de inspeção da estampagem	194	83	57,2%
Rota de inspeção da Montagem	252	136	46,0%
Total	446	219	50,9%

Tabela 6 - Impacto do estímulo visual no tempo de inspeção

Se revisitados os dados apurados durante o Capítulo 3 percebe-se que estas inspeções representam 10,56% do tempo dos operadores logísticos. No entanto, o impacto desta solução não pode ser demonstrado, apenas, por um indicador de eficiência, pois ao diminuir o tempo de atividades ligadas ao abastecimento, diminuímos a probabilidade de uma linha parar por falta de material e esse impacto escondido, é o mais importante nas operações de logística interna, não devendo ser preterido em detrimento da eficiência das operações de fluxo interno.

Tempo a inspecionar por dia	
inicial	final
7h e 09 minutos	3h e 30 minutos

Tabela 7 - Tempo a inspeção diária antes e depois dos Andons

## 4.5 Preparação e Abastecimento

Esta é a ultima fase do projeto e aqui se colhem os frutos do trabalho executado nas duas áreas acima. Conhecendo os constrangimentos de acondicionamento e fluxo de informação, pode-se, agora, comparar a capacidade de aviamento com as necessidades de produção e maximizar a eficiência dos recursos, assegurando a eficácia do processo.

### 4.5.1 Diminuição no tempo de abastecimento

O tempo de abastecimento está dependente da distância do material ao ponto de entrega e essa distância pode variar bastante consoante o armazém de localização. De forma a tornar previsível a capacidade de abastecimento é necessário aproximar, previamente, o material das linhas de produção para diminuir o tempo de resposta a uma carência de matérias. Por outro lado, esta aproximação antecipada, permite diminuir o desvio nos tempos de abastecimento para um melhor cálculo do tempo e capacidade de atendimento.

Esta operação de preparação já é feita no estado inicial por outro motivo. Sempre que uma ordem de produção é aviada pelo condutor de empilhador, o sistema de informação retira de localização todo o material necessário para a ordem. É, portanto, imperativo remover

fisicamente todo esse material das suas posições, pois o sistema de informação, por considerar essas posições livres, gera ações de localização de outros artigos para essa posição.

Como, na maioria dos casos, a capacidade do bordo de linha não admite todo o material necessário à ordem de produção e este não possui localização durante a ordem de fabrico, a logística tem necessidade de criar espaços para manter este material durante a operação de produção.

Estes *supermercados* são criados bloqueando no sistema de informação algumas posições de acesso privilegiado em armazém.

É importante para o processo de abastecimento, assegurar a correta capacidade dos *supermercados*, porque apesar da insuficiência de capacidade ter efeitos danosos na eficácia do abastecimento, a dimensão destes sacrifica a eficiência da preparação, pois diminui a capacidade dos armazéns preferenciais e afasta os artigos do seu destino final.

#### 4.5.2 Supermercados

A situação atual tem constrangimentos de unidade de embalagem, peso e quantidade. Por outras palavras, o modelo de supermercado Kanban não se pode aplicar com facilidade. O abastecimento do supermercado só pode, atualmente, ser feito por unidade de embalagem uma de cada vez, pelo que não seria fácil prever um tempo de ciclo de reabastecimento que condiciona o tamanho do supermercado. Outra restrição seria o peso e tamanho do material que por ser composto por balotes e contentores que podem atingir, facilmente, duas toneladas não toleram abastecimento manual e requerem demasiado espaço no bordo de linha.

No que diz respeito ao tipo de supermercado, a opção será que este seja orientado a cada linha e não a referências de material já que a variação de consumo torna inoportuno este tipo de solução. Sendo assim, a solução procurada será uma forma de preparar antecipadamente o material necessário e aproximá-lo das linhas de forma a diminuir os tempos durante o abastecimento.

A capacidade do supermercado está intimamente relacionada com a antecedência com que são lançadas as ordens de produção. Estas são lançadas pela programação, salvo casos especiais, com um turno de antecedência. Isto significa que não é possível preparar material para um horizonte temporal superior a oito horas.

Em seguida, é necessário ponderar o regime de centralização/descentralização do supermercado. Ao avaliar esta possibilidade é necessário ter em conta que o espaço em fábrica é bastante limitado. O problema inerente à implementação de supermercados é a sua dimensão, visto que esta é calculada com base no tempo de abastecimento de todo o supermercado que pode ser abastecido num só ciclo com ajuda de um comboio logístico. Como estamos a trabalhar com um sistema *pallet to Work station* o dimensionamento da variável LT (*lead time*) na fórmula do stock de segurança seria dependente do número de carências no supermercado.

Por outro lado, não parece razoável que o stock em supermercado exceda a capacidade da linha para um turno, até porque tal não seria possível tendo em conta que os planos de produção só estão disponíveis para um horizonte de oito horas.

Decidiu-se que o supermercado deve ter capacidade, em unidades logísticas, para dar resposta a oito horas de produção.

Para determinar o espaço consultam-se as necessidades de abastecimento de folha litografada calculadas no capítulo anterior. No entanto, dada a variação inerente a cada linha, só será



possível dimensionar um supermercado para várias linhas em simultâneo por forma a diminuir o efeito da variação nos consumos de cada linha.

Para o caso da folha litografada, o local permitido para colocar os balotes preparados seriam localizações bloqueadas dentro do armazém A3 e sendo este supermercado centralizado, o cálculo da sua dimensão é feito com base nas necessidades de unidades logísticas deste tipo de embalagem em toda fábrica.

Por Turno	Abastecimentos de folha litografada
Montagem AEROSSOIS	13,6
Montagem General Line	10,4
Estampagem	25,44
<b>Total</b>	<b>49,4</b>

Tabela 8 - Necessidades de folha litografada por turno

Com base nos dados da tabela consideram-se 50 espaços para folha litografada.

Este supermercado será abastecido pelo preparador que o deve organizar e garantir a existência de material para o abastecedor.

Os 50 espaços para folha litografada seriam localizados nos primeiros 3 níveis do corredor D do armazém A3 (fácil acesso).

Repetindo o processo para os componentes. Desta vez necessitamos de recorrer a outras localizações, pois a unidade de embalagem, contentor, não pode ser armazenada nas mesmas estantes que a folha litografada. No entanto, o cálculo para a dimensão do supermercado segue o mesmo raciocínio.

Por Turno	Abastecimentos de componentes
Montagem AEROSSOIS	12,6
Montagem General Line	6,6
Estampagem	0,00
<b>Total</b>	<b>19,2</b>

Tabela 9 - Necessidades de componentes por turno

Os 20 espaços são conseguidos na estante da fila M, representada pela maior porção vermelha na figura abaixo. É ideal pois assim garante-se que o supermercado faz parte da rota de inspeção da área.

No entanto, por vezes o material pode ser armazenado em paletes, quando existe escassez de contentores. Apesar de esporádica, é necessário contabilizar esta situação pois as paletes não podem ser armazenadas nas estantes de contentores.

Por esta razão, foi contabilizado um espaço no meio das linhas de montagem, indicado na figura abaixo, com capacidade para 7 paletes e que pode ser aproveitado como complemento

para o supermercado de componentes. Neste caso será a melhor opção, pois este espaço não possui posições em sistema de informação, eliminando assim, a necessidade de bloquear localizações informaticamente.

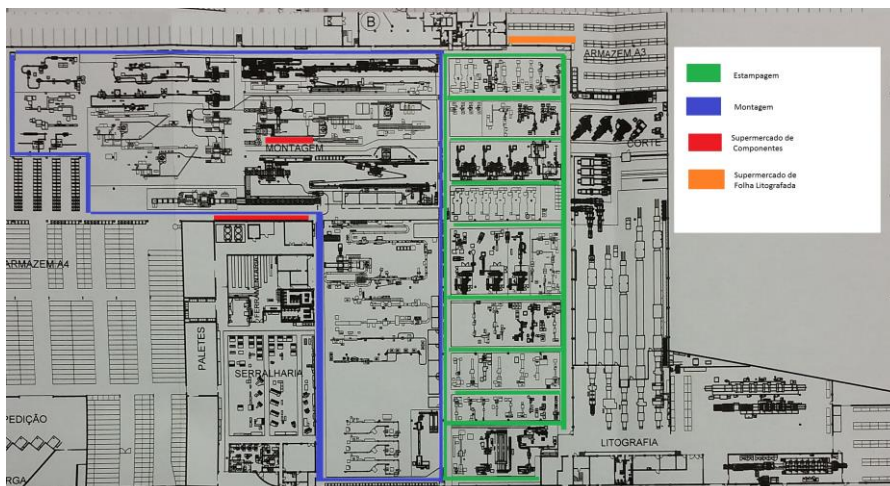


Figura 20 - Localização dos Supermercados

#### 4.5.3 Balanceamento por modelo de simulação de Filas de Espera

Encontradas as posições dos supermercados e os tempos necessários para as atividades de inspeção é necessário balancear a capacidade de abastecimento com as necessidades de material na linha.

O modelo escolhido para análise do abastecimento foi o modelo de filas de espera. A razão da escolha reside no facto de o abastecimento se assemelhar bastante a um sistema de atendimento, em que um número de clientes pode surgir segundo uma determinada distribuição de probabilidades e são atendidos, por um ou mais operários.

Segundo o modelo de classificação KENDALL-LEE, é necessário começar por caracterizar o sistema em cinco atributos:

- a: Distribuição do intervalo de tempo entre chegadas de clientes;
- b: Distribuição do tempo de atendimento;
- c: Número de postos de atendimento em paralelo;
- d: Disciplina da fila;
- e: Número de clientes no sistema.

A este modelo impõe-se uma correção. Para a maioria dos sistemas de filas de espera, o reconhecimento da chegada de um novo cliente é imediato, ou seja, não é despendido

qualquer tempo a recolher informação acerca do estado do sistema. Por essa razão é necessário acrescentar o tempo de inspeção ao tempo de atendimento.

Dado o número de clientes que possui o sistema estudado, é considerado que a dimensão é infinita. Para a dimensão “d”, considerou-se FIFO a disciplina da fila.

Assume-se que a distribuição tanto das chegadas como do atendimento se comportam como exponenciais negativas.

Para cálculo da capacidade de abastecimento ( $\mu$ ) é estabelecido um tempo de ciclo que inclui um circuito de inspeção para a área em estudo somado ao tempo médio de abastecimento da área. A soma do tempo de inspeção com o tempo abastecimento é o tempo de abastecimento por UL e o seu inverso é a capacidade de abastecimento.

As carências de abastecimento ( $\lambda$ ), ou se preferimos, a taxa de entrada de clientes, é calculada através das necessidades médias da área, em ULs, por minuto.

Começou-se por identificar o número de condutores de empilhador necessários para garantir eficácia total no serviço, ou seja, sem paragens de linha por falta de abastecimento.

Na primeira simulação são explorados 2 cenários de abastecimento. Um cenário com 2 condutores de empilhador, um na Estampagem e outro na montagem. O segundo cenário para 1 condutor de empilhador a abastecer todas as linhas. A tabela abaixo apresenta os valores da taxa de entrada de novos pedidos e da taxa de atendimento para cada alternativa.

Por minuto	$\mu$ capacidade de abastecimento (UL/min)	$\lambda$ carências de abastecimento (UL/min)
<b>Estampagem</b>	0,4511	0,0530
<b>Montagem</b>	0,3226	0,0900
<b>Todas as linhas</b>	0,2542	0,1430

Tabela 10 – Dados da 1ª simulação de filas de espera

Simulando o sistema com os valores apurados obtemos os resultados seguintes.



Primeira simulação para determinar número mínimo de condutores	Simulação para 2 condutores de empilhador		Simulação para 1 condutor de empilhador
	Estampagem	Montagem	Todas as linhas
L (número médio de linhas em carência)	0,133	0,479	1,628
W (tempo médio de atendimento em minutos)	2,51	4,59	10,34
intensidade do tráfego	0,12	0,32	0,62
Pr(W > 40)	0,00%	0,02%	2,09%
Pr(W > 20)	0,03%	1,28%	14,44%
Pr(W > 15)	0,25%	3,79%	23,42%
Pr(W > 10)	1,87%	11,29%	38,00%

Tabela 11 - Resultados da 1ª simulação

A análise mostra que caso se opte pela atribuição da área de abastecimento a um só empilhador, teremos uma paragem de linha em 2,09% dos casos, pois 40 minutos é suficiente para algumas linhas esgotarem o seu bordo de linha.

Por outro lado, uma combinação entre Estampagem e montagem garante praticamente a inexistência de paragens na Estampagem e apenas 0,02% na montagem.

Ainda assim é perceptível um desnível de carga de trabalho para esta combinação. Por essa razão experimentou-se uma outra distribuição de linhas tentando alargar a rota da Estampagem e diminuir a rota da montagem.

A nova distribuição acrescenta ao aviamento da Estampagem as linhas 23, 1, 5, 8, 10 e 14 da montagem de general line.

Com esta distribuição os novos valores para a simulação e os resultados são:

Por minuto	$\mu$ capacidade de abastecimento (UL/min)	$\lambda$ carências de abastecimento (UL/min)
Área 1 (Estampagem mais linhas 1,5,8,10,14 e 27 da montagem)	0,3279	0,0764
Área 2 ( Montagem menos corredor de linhas 1,5,8,10,14 e 27)	0,3727	0,0808

Tabela 12 - Dados para a 2ª simulação

Segunda simulação para balancear carga entre empilhadores	Simulação para 2 condutores de empilhador	
	Área 1 (estampagem)	Área 2(montagem)
L (número médio de linhas em carência)	0,324	0,339
W (tempo médio de atendimento em minutos)	4,04	3,59
intensidade do tráfego	0,24	0,25
Pr(W > 40)	0,00%	0,00%
Pr(W > 20)	0,71%	0,38%
Pr(W > 15)	2,43%	1,54%
Pr(W > 10)	8,40%	6,18%

Tabela 13 - Resultados da 2ª simulação

Com esta distribuição garantimos agora que não existem paragens de linha em nenhuma das áreas. Esta última solução garante o maior balanceamento e eficácia pois aproxima as intensidades do tráfego e erradica os desperdícios por falta de abastecimento.

A solução aponta um tempo médio de atendimento de 4,04 minutos para a primeira área e de 3,59 minutos para a segunda área, o que representa uma melhoria face à primeira simulação que apontava 4,59 minutos de tempo médio de atendimento para a montagem. Mais ainda, desta forma é possível também, eliminar os 0,02% de probabilidade de um atendimento demorar mais de 40 minutos, o que representaria uma hipótese de paragem da linha por falta de material.

#### 4.6 Análise Final dos KPIs

KPI	Inicial	Final	Ganho
Tempo médio por abastecimento (min)	12,58	3,76	70,13%
Tempo de paragens por falta de aviamento(min/dia)	39,91	0,00	100%
Abastecimentos por turno por condutor de empilhador	22,88	29,01	26,77%

Tabela 14 - Análise final dos KPIs

Começa-se por perceber uma drástica queda de 70,13% no tempo de abastecimento. Este ganho foi conseguido pela redução do tempo e rotas de inspeção e pela criação dos supermercados que permitem encurtar o tempo de reação às necessidades de abastecimento na linha.

O principal objetivo do projeto era a redução das paragens de linha. É agradável ver que segundo o modelo de filas de espera, o valor esperado dessas paragens é zero. Este valor conseguido deve-se, mais uma vez, à redução do tempo de abastecimento em conjunto com a modelação de filas de espera para balanceamento da carga de trabalhos e garantia de eficácia.

Por último, os ganhos de eficiência conseguidos em conjunto com a modelação de filas de espera, dão a possibilidade de dimensionar e balancear as necessidades logísticas. Dessa forma é possível diminuir o tempo de horas\*homem, aumentando o rendimento dos recursos humanos e dos equipamentos em 26,77%.

## 5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Existe uma tendência natural das empresas para se focarem nos processos de maior valor e esta característica foi, nos últimos anos, a razão do seu sucesso. Não quer isto dizer que estas empresas não encontrem mérito nos processos que suportam as suas atividades núcleo. No entanto, é reconhecido que o impacto destas atividades de suporte não justifica, muitas vezes, o esforço de otimização que elas requerem para operar a alto nível de eficiência. Isto resulta, na generalidade dos casos, em soluções de compromisso para estas áreas, que garantem a eficácia dos processos mas onde é reconhecida alguma ineficiência.

Mas há que admitir uma mudança de mentalidade nos tempos correntes e, em boa verdade, dissertações como esta demonstram uma crescente preocupação com a produtividade em toda a cadeia de valor. Por este motivo, é importante realçar um dos grandes propósitos de projetos como este, que é o de abanar os alicerces culturais e permitir construir um futuro sustentável, que só é possível com uma consciencialização vertical nos organigramas.

A logística interna é, frequentemente reconhecida, como uma área de inúmeros desperdícios, que qualquer departamento numa empresa é ágil a reconhecer. Mas apesar de este depoimento não estar longe da verdade, é importante ponderar a razão desses desperdícios, e feito o exercício, percebe-se que estes são apenas a manifestação sintomática das ineficiências em todo o processo e que vão sendo escondidas por *stocks* elevados, excessos de transporte, movimentação sem valor, sobreprodução, processamento em demasia, esperas e retrabalho.

Esta dissertação reconhece, no que à logística interna diz respeito, que existem quatro operações chave que sustentam a sua atividade. O armazenamento, os fluxos de informação, a preparação e o abastecimento. Esta ordem é importante e acaba no abastecimento, pois a logística existe para garantir, o produto certo, no local certo, na quantidade certa, com a qualidade exigida, na hora pretendida e com o menor custo possível.

Para garantir o cumprimento dos objetivos é imperativo preparar cautelosamente todo o processo, começando pelo armazenamento, que salvo raras exceções, aumenta o risco de obsolescência e retira o valor do produto.

Durante o armazenamento no ponto de vista das atividades de transporte é importante classificar os artigos em armazém e caracterizar os mesmos em termos de importância para o processo, porque melhor do que preparar o abastecimento e aproximar os artigos dos pontos de entrega é, sempre que possível, fazer bem à primeira e armazenar a mercadoria no local que mais convém às operações. A ser conseguido isto, garantimos a melhor base de trabalho para as atividades a jusante. Neste primeiro ponto foi apontado o caminho para garantir que no futuro exista um melhor aproveitamento dos sistemas de informação na gestão do armazenamento que atualmente não facilita as operações de transporte.

As análises feitas às referências de material, exploraram diversos critérios de consumo produtivo, número de transportes e rotação das unidades logísticas, chegando à conclusão que, pesa embora se pretenda diminuir o número de deslocações, o critério para definição de

famílias de artigos deve ser a rotação de stock, expressa em unidades logísticas. Ao agrupar os materiais pela sua rotação, garante-se, simultaneamente o melhor aproveitamento do espaço em armazém e a minimização dos percursos e tempos das operações logísticas.

Passando aos fluxos de informação, o foco do projeto foi conseguir uma interação mais eficaz entre os maiores interessados no processo de abastecimento, sendo eles a logística interna, representada pelos condutores de empilhador e a produção, representada pelos operadores de linha.

Longe do que seria o ideal de ter informação útil e em tempo real em todos os postos de trabalho, a solução encontrada confere, ainda assim, uma melhoria significativa face ao paradigma inicial. Os resultados alcançados com a implementação dos Andons confirmam ganhos de 50,9% nos tempos de inspeção, face ao inicialmente observado. O que significa que foram eliminadas 3 horas e 39 minutos de desperdício diário.

Foi desta forma dado, o primeiro passo na criação do futuro que necessitará criar alternativas de comunicação e tratamento da informação. Esse futuro deve endereçar uma melhor integração com o sistema de informação e aumentar a monitorização dos processos de transporte com indicadores adequados e que permitam conhecer as limitações do departamento. Por outras palavras, se é conhecida a capacidade da produção e a carga exigida às linhas pelos trabalhos planeados, porque não ter também, em consideração os constrangimentos no abastecimento e balancear todo o processo.

A preparação é a tarefa que dá suporte ao abastecimento. Nesta atividade o importante é garantir a eficácia da operação de abastecimento que só pode ser assegurada se nenhuma linha de produção parar por inexistência de matéria-prima. Para isso é necessário a criação de estruturas facilitadoras do momento de entrega do material.

Na metodologia seguida pelo *Toyota Production System* e outros modelos praticantes do *pull-flow*, a ferramenta conhecida como supermercado é amplamente utilizada nas mais variadas indústrias. No entanto, ela é pouco tolerante de modelos de abastecimento que não se encaixem na perfeição num abastecimento contínuo garantido pelo comboio logístico. É graças a esse abastecimento, com percursos definidos, e com capacidade de abastecer todos os pontos numa só viagem, que se dimensionam as áreas de supermercado para o tempo de ciclo comboio. Sendo assim, muito embora se reconheça o valor desta solução, é fundamental adaptá-la a um abastecimento unitário, se quisermos implementar algo no curto prazo.

Nessa linha de pensamento criaram-se os dois supermercados, um para folha litografada e outro para componentes. Considerando a restrição imposta de manter o ambiente fabril limpo de inventário, as posições escolhidas são as mais próximas das linhas possível. O dimensionamento dos mesmos, apesar de grosseiro, pois não pode seguir a mesma fórmula que um modelo para abastecimento contínuo, garante uma diminuição considerável do tempo de resposta a uma carência de material.

Por último, a modelação por sistema de filas de espera é uma resposta, surpreendentemente aplicável ao contexto apresentado. As linhas comportam-se da mesma forma que clientes que entram num estabelecimento e apesar de ser necessário incluir o tempo de inspeção no tempo de abastecimento, o modelo admite o abastecimento unitário que está na base do processo de transporte.

Foram feitos diferentes ensaios para se garantir uma solução balanceada e eficaz. Uma das hipóteses seria verificar a possibilidade de o abastecimento ser entregue a, apenas, um condutor de empilhador, mas a solução revelou probabilidades de falha inaceitáveis no atendimento. Seguidamente a proposta de colocar dois empilhadores responsáveis pelo abastecimento mostrou viabilidade em termos de carga, restava apenas encontrar o equilíbrio perfeito entre a divisão de responsabilidades.

No final foi possível encontrar a solução que melhor gere os recursos de aviamento, baixando de 3 para 2 condutores de empilhador a abastecer por turno e erradicando as paragens de linha que é a consequência de maior despesa fruto do mau funcionamento da logística interna.

Em matéria de soluções encontradas os resultados são bastante satisfatórios. Como um todo, o conjunto de soluções apontam para uma redução de 70,13% no tempo médio de abastecimento, um valor esperado de 0 paragens de linha por falta de abastecimento, e ainda, o balanceamento e aumento da eficiência de 26,77% nos recursos humanos da Logística Interna afeta aos aviamentos.

No que diz respeito às lições aprendidas nesta dissertação, o projeto e a interação humana que este exigiu, realçaram a importância do envolvimento de todos no estudo dos problemas e ações a implementar. O afastamento das pessoas pode fazer fracassar a melhor das medidas, mas integração e a tolerância a novas abordagens, pode levar ao sucesso das ideias mais improváveis.

Em suma é possível dizer que na maioria dos casos em que um problema é proposto, a solução ótima é de difícil implementação. E esta dificuldade não se refere apenas aos constrangimentos processuais, mas principalmente às barreiras culturais. É consentimento entre a maioria, de que não basta demonstrar resultados no papel para mobilizar de imediato as massas. Por mais evidente que um resultado possa parecer, no final é ainda necessário vencer o medo de mudar, e a própria mudança de atitude é algo que difere em todos os indivíduos.

Face a este obstáculo é importante conquistar as vontades e a fé no caminho a seguir. Para isso, é por vezes necessário optar por passos mais pequenos, mas de possível execução e que podem alimentar o impulso à mudança. A alternativa de forçar uma solução não aceite, pode ter um efeito perverso de desacreditação nas metodologias implementadas. Não podemos, por este motivo, encarar meias soluções como uma derrota, mas sim como uma plataforma de esperança em busca de mais possibilidades no amanhã.

## Referências

- Andon, Led. 2016. LED Andon Stations-Continuous AND Flashing Capable. Em.jpg. [http://www.ledAndon.com/mm5/graphics/00000001/st-521x-102\\_both\\_349x350.jpg](http://www.ledAndon.com/mm5/graphics/00000001/st-521x-102_both_349x350.jpg).
- Camanho, Ana. 2014. Filas de Espera: Material de apoio à disciplina de Investigação Operacional 2. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Carvalho, José Crespo de. 2012. "Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento".
- Emde, Simon e Nils Boysen. 2012. "Optimally locating in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines." International Journal of Production Economics no. 135 (1):393-402.
- Freitas, Eder. 2009. "Andon - Gestão à Vista". <http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.pt/2009/07/Andon-gestao-vista.html>.
- Kendall, D. G. (1953). "Stochastic Processes Occurring in the Theory of Queues and their Analysis by the Method of the Imbedded Markov Chain"
- Lee, Alec Miller (1966). "A Problem of Standards of Service (Chapter 15)". Applied Queueing Theory. New York: MacMillan. ISBN 0-333-04079-1.
- Ohno, Taiichi (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production (English translation ed.). Portland, Oregon: Productivity Press. pp. 75–76. ISBN 0-915299-14-3.
- Pinto, João Paulo. 2014. *Pensamento Lean A filosofia das organizações vencedoras*. 6ª edição ed.: LIDEL.
- Sen, Rathindra P. (2010). Operations Research: Algorithms And Applications. Prentice-Hall of India. p. 518. ISBN 81-203-3930-4
- Systems, Sesa. 2016. Supermercado de bordo de linha. <http://www.sesa-systems.com/pt/>.
- Takeda, Hitoshi. 2006. *The Synchronized Production System: Going Beyond Just-In-Time Through Kaizen*. Kogan Page.